Série A, N° 3769
N° d'ordre
4620

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

Jacques BERGER

PREMIÈRE THÈSE

RECHERCHES SUR LES PROPRIETES DES ETOILES DOUBLES
OU MULTIPLES LARGEMENT SEPAREES
EN RELATION AVEC LES PROBLEMES D'EVOLUTION

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 26-10-61 devant la Commission d'Examen

MM. ARNULF — *Président*
SCHATZMAN
Mme PECKER-WIMEL — *Examinateurs*

Série A, N° 3769
N° d'ordre
4620

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

Jacques **BERGER**

PREMIÈRE THÈSE

RECHERCHES SUR LES PROPRIETES DES ETOILES DOUBLES
OU MULTIPLES LARGEMENT SEPAREES
EN RELATION AVEC LES PROBLEMES D'EVOLUTION

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le devant la Commission d'Examen

MM. ARNULF *Président*
SCHATZMAN
Mme PECKER-WIMEL *Examinateurs*

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

(Janvier 1961)

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

Professeurs

Doyen ..... J. PERES

G. JULIA	T Analyse sup. et Algèbre sup.
DE BROGLIE	T Théories physiques
PRENANT	T Anatomie et Histologie comparées
PERES	T Mécanique des fluides et applications
BARRABE	T Géologie structurale et Géologie appliquée
BOURCART	T Géographie physique et Géologie dynamique
PLANTEFOL	T Botanique
GRASSE	T Evolution des êtres organisés
PREVOST	T Chimie organique
BOULIGAND	T Analyse appliquée à la Géométrie
CHAUDRON	T Chimie Appliquée
WYART	T Minéralogie et Cristallographie
TEISSIER	T Zoologie
MANGENOT	T Biologie végétale (Orsay)
AUGER	T Physique quantique et Relativité
MONNIER	T Phyisiologie des fonctions
PIVETEAU	T Paléontologie
ROCARD	T Physique (E. N. S.)
CARTAN	T Mathématiques (E. N. S.)
LAFFITTE	T Chimie Générale
FAVARD	T Géométrie supérieure
COULOMB	T Physique du Globe
Mlle COUSIN	T Biologie
CHRETIEN	T Chimie Générale
DRACH	T Zoologie
KASTLER	T Physique (E. N. S.)
EPHRUSSI	T Génétique
RIVIERE	T Géologie (Orsay)
GAUTHERET	T Biologie (P. C. B.)
LUCAS R.	T Recherches Physiques
THOMAS A.	T Biologie cellulaire
ARNULF	T Optique appliquée
MORAND	T Physique Enseignement
SOLEILLET	T Physique (P. C. B.)
FORTIER	T Mécanique expérimentale des fluides
DANJON	T Astronomie
PETIT	T Biologie marîime
QUENEY	T Météorologie et dynamique atmosphérique
GALLIEN	T Embryologie
EICHHORN	T Biologie végétale (P. C. B.)
DE CUGNAC	T Biologie végétale (S. P. C. N.)
Mlle CAUCHOIS	T Chimie Physique
THELLIER	T Physique du Globe
L'HERITIER	T Biologie générale (Orsay)
GRIVET	T Radioélectricité (Orsay)
PONCIN	T Mécanique Générale
DUBREIL	T Arithmétique et théorie des nombres
QUELET	T Chimie Organique
CAGNIARD	T Géophysique appliquée
CHAMPETIER	T Chimie Macromoléculaire
CUVILLIER	T Micropaléontologie
JUNG	T Pétrographie
TRILLAT	T Microscopie et diffraction électronique
WIEMANN	T Chimie organique et structurale
JACQUINOT	T Spectroscopie (Orsay)
VASSY	T Physique de l'atmosphère
DESTOUCHES	T Théories physiques
PRUVOST	T Géologie
AMIEL	T Chimie des solides
HOCART	T Minéralogie et Cristallographie
J. P. MATHIEU	T Recherches physiques
COUTEAUX	T Biologie animale (P. C. B.)
MAY	T Zoologie (Orsay)
CHOQUET	T Théorie des fonctions et topologie
FELDMANN	T Biologie végétale (P. C. B.)
GUINIER	T Physique des solides (Orsay)
JOST	T Physiologie comparée
FORTET	T Calcul des probabilités
SCHWARTZ	T Calcul diff. et intégral
CHOUARD	T Physiologie végétale
MALAVARD	T Aviation (technique aéronautique
BRELOT	T Calcul différentiel
NORMANT	T Synthèse organique générale
BENARD	T Chimie (E. N. S. C. P.)
BUVAT	T Botanique (E. N. S.)
DUGUE	T Statistiques mathématiques
SOULAIRAC	T Psychophysiologie
ULRICH	T Physiologie végétale (E. N. S.)
MARECHAL	T Optique théorique et appliquée
KIRMANN	T Théories chimiques
CHADEFAUD	T Botanique
Mlle LE BRETON	T Physiologie
SALEM	T Mathématiques générales
LELONG	T Mathématiques générales
DEVILLERS	T Anatomie et Histologie comparées
EHRESMANN	T Topologie algébrique
FRANÇON	T Physique (S. P. C. N.)
GLANGEAUD	T Géographie physique et Géologie dynamique
GODEMENT	T Mathématiques (M. P. C.)
PISOT	T Calcul des probabilités
ROCH	T Géologie
SCHATZMAN	T Astrophysique
TERMIER	T Paléontologie stratigraphique
ZAMANSKY	T Mathématiques générales
LENNUIER	T Physique (P. C. B.)
RIZET	T Génétique (Orsay)
ROUTHIER	T Géologie appliquée
Mme TONNELAT	T Relativité
DIXMIER	T Mathématiques (M. P. C.)
SOUCHAY	T Chimie (P. C. B.)
AIGRAIN	T Electrotechnique générale
BRUSSET	Chimie minérale
M. LEVY	T Physique théorique des hautes énergies (Orsay)
Mme CHAIX	Chimie biologique
Mme HUREL-PY	Biologie végétale (P. C. B.)
PIAUX	Chimie (S. P. C. N.)
BRUN	T Mécanique expérimentale des fluides
LEDERER	T Chimie Biologique
Mme DUBREIL	T Mathématiques (Agrég.)
Mme LELONG	T Mathématiques (E. N. S.)
BELLAIR	T Géologie (S. P. C. N.)
COTTE	T Physique (M. P. C.)
J. E. DUBOIS	T Chimie (M. P. C.)
LAMOTTE	Zoologie (E. N. S.)
André MICHEL	T Chimie générale (Orsay)
OLMER	T Energétique générale
ROUAULT	T Physique
GAUTHIER	T Mécanique appliquée
BARCHEWITZ	T Chimie Physique
BROSSEL	T Physique atomique
BUSER	Biologie animale (P. C. B.)
CAMUS	Biologie végétale (P. C. B.)
CASTAING	T Physique (Orsay)
CURIEN	Minéralogie et Cristallographie
MOYSE	T Physiologie végétale (Orsay)
PANNETIER	T Chimie (Orsay)
POSSOMPES	T Biologie animale (P. C. B.)
PULLMANN	Chimie théorique
TEILLAC	T Physique nucléaire et radioactivité (Orsay)
TONNELAT	Biologie physico-chim.
VILLE	T Econométrie
WILLEMART	Chimie (P. C. B.)
DODE	T Chimie (Orsay)
FREYMANN	T Physique (S. P. C. N.)
GUINOCHET	T Biologie végétale (Orsay)
ROLLET	T Chimie (P. C. B.)
Mlle JOSIEN	T Chimie (P. C. B.)
CHEVALLEY	T Géométrie algébrique et théorie des groupes
ARNOULT	T Electronique (Orsay)
CHAPELLE	T Physique (Orsay)
DELANGE	T Mathématiques (Orsay)
DENY	T Mathématiques générales (Orsay)
GERMAIN	T Mécanique théorique des fluides
G. LUCAS	T Géologie
ALLARD	Chimie Physique
BERTHELOT	T Physique fondamentale des Hautes Energies (Orsay)
BRICARD	Météorologie
Mme ALBE-FESSARD	Psychophysiologie
FRIEDEL	Physique des Solides (Orsay)
M. JULIA	Chimie Organ. Structurale
LENDER	Biologie animale (S. P. C. N.) (Orsay)
MAGAT	Physico-chimie des rayonnements
Mlle QUINTIN	T Electrochimie
MONOD	T Biochimie cellulaire
BENOIT	T Physiol. Anim. (Orsay)
DE POSSEL	T Analyse numérique
CHARLOT	T Chimie Analytique
HAISSINSKY	T Radiochimie
LEMEE	T Physiol. B. M. P. V. (Orsay)
GUERIN	T Chimie (Orsay)
CHATELET	Chimie (P. C. B.)
JEAN	Physique (Orsay)
MATTLER	T Physique (Orsay)
MICHEL Louis	Physique théor. (Orsay)
RUMPF	Chimie (P. C. B.)
BERGERARD	Biol. Anim. (S. P. C. N.) (Orsay)
BERTEIN	Electronique (Orsay)
BOUISSIERES	Chimie des Radioéléments (Orsay)
Mme COUTURE	Thermodynamique et Mécanique Physique
ELLENBERGER	Géologie appliquée
FRANC	Biol. Animale (P. C. B.)
SCHNELL	Botanique Tropicale (Orsay)
STOLKOWSKI	Biol. Animale (P. C. B.)
ACHER	Chimie Biol. (Orsay)
BAUDOIN	Biologie
BEAUMONT	Biologie Animale
BLAMONT	Géophysique Ionosphère
BOURREAU	Biologie Végétale (S. P. C. N.) (Orsay)
CURIE D.	Physique (M. G. P.)
DURAND-DELGA	Géologie
FREON	Chimie Organique (Orsay)
HELLER	Physiologie Végétale
TORTRAT	Calcul des Probabilités
CAILLEUX	Géologie (S. P. C. N.)
MAGNAN	T Physique (P. C. B.)
DAUDEL	Mécanique Ondulatoire appliquée à la chimie théorique et à la physique nucléaire
Mlle FOURCROY	Biologie Végétale (S. P. C. N.)
BARRAUD	Physiologie cellulaire
NOIROT	Evolution des êtres organisés
Mme FOURES-BRUHAT	T Mécanique analytique et mécanique céleste
Mlle VEIL	Physiologie générale
LWOFF	T Microbiologie
SIESTRUNCK	T Mécanique physique et expérimentale
LACOMBE	T Métallurgie (Orsay)
BROCHARD	T Physique (P. C. B.) (Orsay)
CABANNES	Mécanique générale
LESIEUR	T Mathématiques (M. P. C.) (Orsay)
MAZET	T Mécanique générale (Orsay)

Secrétaire général ..... R. POULLAIN

SOMMAIRE

I - Etude spectrophotométrique de 77 systèmes d'étoiles doubles ou multiples largement séparées.

Cette étude est faite sur des spectres à faible dispersion (220 Å/mm à H_δ) pris avec le spectrographe à optique de quartz et chassis oscillant de l'Institut d'Astrophysique de Paris, à l'Observatoire de Haute-Provence et à la Station Scientifique du Jungfraujoch. Elle permet de donner la répartition énergétique de ces étoiles -toutes des premiers types, O à F inclus- relativement à quelques étoiles de comparaison bien connues, dans le domaine spectral 6000-3000 Å et de déterminer les trois paramètres ϕ_b, D, λ_I de la classification tridimensionnelle -ainsi que dans certains cas le paramètre ϕ_{uv}-.

Une estimation des types spectraux MK de ces étoiles est faite à partir de ces paramètres.

II - Représentation des étoiles multiples dans le diagramme(ϕ_b,D) et détermination du rougissement interstellaire.

Une estimation de la masse de matière absorbante M, définie par L. Divan, est faite pour un certain nombre d'étoiles doubles ou multiples rougies, d'après leur position dans le diagramme (ϕ_b,D), parmi lesquelles les Céphéides, δ Cep et α U Mi.

III - Le diagramme (λ_I,D). Application à l'étude des problèmes d'évolution stellaire.

L'analogie entre les diagrammes composites couleur-luminosité utilisés dans les recherches sur l'évolution stellaire et le diagramme (λ_I,D) est démontrée en plaçant dans celui-ci les étoiles d'un certain nombre d'amas ouverts : II Mon, I Ori, I Lac, II Per, Pléiades, M 39, Coma Berenices, Hyades et en étudiant leurs positions relatives. La position de la séquence principale d'âge zéro est déterminée dans le diagramme à partir de ceux-ci.

Ce diagramme, ne demandant aucune estimation des magnitudes absolues et des indices de couleur intrinsèques des étoiles, permet ensuite en y plaçant les étoiles multiples, d'estimer leur âge relativement à celui des amas précédents. Il confirme en les précisant et les étendant

...

aux étoiles O B, certains résultats obtenus par Franklin et Struve ainsi que par Johnson sur les binaires visuelles : évolution plus rapide de la composante la plus massive vers les classes de luminosité sous-géante et géante, en même temps que vers les types spectraux avancés.

Des courbes d'égale évolution correspondant à des âges très divers sont déterminées dans le diagramme (λ_I,D) d'après la position des étoiles d'amas et des étoiles multiples.

IV - Essai d'étalonnage en magnitudes absolues du système de classification tridimensionnel.

Deux méthodes sont utilisées :

a) La magnitude absolue est considérée comme une fonction de point de l'espace tridimensionnel (c_b, D, λ_I) ou espace E. Les composantes $A = \frac{\partial M}{\partial c_b}$, $B = \frac{\partial M}{\partial D}$, $C = \frac{\partial M}{\partial \lambda_I}$ du vecteur grad M sont sensiblement constantes dans un certain domaine de l'espace E, correspondant approximativement aux types spectraux MK A5 à F6, de classes de luminosité IV et V, comme le montre la résolution d'un système linéaire de I9 équations à 3 inconnues A, B, C, de la forme $A.\Delta c_b + B.\Delta D + C.\Delta\lambda_I = \Delta M$ ou Δc_b, ΔD, $\Delta\lambda_I$, ΔM sont données par I9 étoiles doubles dont les deux composantes appartiennent l'une et l'autre à ce domaine. La magnitude absolue peut être ainsi déterminée à une constante près ; les étoiles des Hyades et quelques étoiles à grande parallaxe sont utilisées pour déterminer cette constante.

b) La variation de la magnitude absolue est étudiée le long des courbes d'égale évolution du diagramme (λ_I,D), en utilisant comme variable le paramètre D.

Un diagramme (M_v,D) est construit pour les Hyades, les Pléiades, M 39,et sur celui-ci est porté un certain nombre d'étoiles multiples.

A partir de ce diagramme, des résultats obtenus par la première méthode et des magnitudes absolues déterminées pour certains amas d'après leur module de distance, un réseau de courbes d'égale magnitude est construit dans le diagramme (λ_I,D). Celui-ci permet une estimation des magnitudes absolues pour un certain nombre de types spectraux MK, celles-ci sont comparées aux valeurs publiées par Johnson et Iriarte en I958, ou Keenan et Morgan en I95I.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538123_0001

INTRODUCTION

Les étoiles doubles sont, depuis fort longtemps, l'objet de recherches de la part des astronomes, mais ce sont principalement les systèmes très serrés - de quelques dixièmes de seconde d'arc à 2 ou 3 secondes - qui ont retenu leur attention

Par contre, les systèmes à composantes largement séparées dont la période de révolution est très grande - beaucoup sont donnés comme fixes - sont fort peu connus. Le catalogue d'étoiles doubles d'AITKEN en fournit une liste assez complète - pour les systèmes dont une des composantes au moins est plus brillante que la magnitude 10 - mais les renseignements qu'il contient - coordonnées et distance angulaire mises à part - sont fréquemment incomplets ou erronés; les magnitudes des composantes faibles sont très douteuses, (une erreur de 0,5 à 1,0 magnitude n'est pas rare) et leurs types spectraux très approximatifs, quand ils sont donnés.

WALLENQUIST a publié en 1954 [1] un catalogue donnant les différences de magnitudes d'un assez grand nombre d'étoiles doubles : synthèse de travaux effectués par de nombreux observateurs et différentes méthodes, il fournit des données très utiles mais les types spectraux tirés généralement du Henry Draper Catalogue demeurent douteux et la plupart du temps ils ne sont pas indiqués pour les composantes faibles*.

Pourtant les recherches effectuées par JOHNSON [2] et par STRUVE et FRANKLIN [3] sur un certain nombre de binaires ont donné un exemple du parti que l'on pourrait tirer de l'étude précise de systèmes d'étoiles multiples. Ainsi ces travaux mettent en évidence que la différence de masse entre les composantes qui se traduit par la différence de leurs luminosités s'accompagne d'une inégalité dans leur évolution.

---

* Devant cette insuffisance de données, la seconde conférence de coordination des Recherches Galactiques (Stockholm 1957) a recommandé sur la proposition de KULIKOWSKY de développer l'étude des étoiles multiples.

La composante faible, la moins massive, d'une binaire étant considérée comme située sur la série principale du diagramme Russell-Hertzsprung (la courbe appelée "zero-age" par les auteurs de langue anglaise et qui caractérise la seconde phase de l'existence stellaire la première étant la phase de contraction), la composante brillante la plus massive en est souvent plus ou moins éloignée; ceci montre que cette composante est entrée dans la troisième phase de son existence et l'on a ainsi un moyen direct de reconnaître qu'une étoile commence à s'écarter de la ligne d'âge zéro.

Mais STRUVE et FRANKLIN et JOHNSON n'avaient que des données assez rudimentaires et incomplètes sur les types spectraux et classes de luminosité des étoiles doubles qu'ils ont étudiées; quelques-unes seulement sont classées dans le système de Yerkes et en général ils ont admis arbitrairement que la composante faible, d'évolution plus lente, se trouvait sur la ligne d'âge zéro pour tous les systèmes qu'ils ont étudiés. D'autre part, il faut remarquer que le système de Yerkes a l'inconvénient d'être un système de classification discontinu.

Ainsi toutes les étoiles de même classe de luminosité - V par exemple - et de même type spectral dans le système M.K. sont considérées comme ayant les mêmes propriétés moyennes et on qualifie de "dispersion cosmique" les différences de propriétés entre étoiles ayant même classification bien qu'étant à des stades d'évolution légèrement différents.

Par contre, le système de classification tridimensionnelle de l'Institut d'Astrophysique de Paris est quantitatif et continu pour ses 3 paramètres. Il sera souvent plus précis que le système M.K., en ce sens que 2 étoiles classées de la même façon par MORGAN, pourront avoir des paramètres ϕ_b, D, λ_1, légèrement différents, sans que cette différence puisse être attribuée à l'incertitude des mesures; ceci est vrai notamment pour les étoiles B1 à B9 et A5 à F5. Par contre, il faut reconnaître que pour les étoiles O et même B0 la classification tridimensionnelle est délicate et demande un très grand nombre de mesures pour avoir une certaine précision : les 2 paramètres ϕ_b et D varient très peu pour toutes ces étoiles et le 3ème paramètre λ_1 qui donne la classe de luminosité est très

imprécis pour les étoiles à faible discontinuité de Balmer. D'autre part, le fait que la discontinuité de Balmer passe par un maximum et varie très peu pour plusieurs types spectraux - de B9 à A5 pour les classes de luminosité IV et V - peut rendre malaisée la discrimination entre des étoiles classées différemment dans le système de Yerkes; pratiquement, c'est le paramètre Φ_b qui permet de distinguer une A0 d'une A2 ou d'une A5 - à condition qu'il s'agisse d'étoiles non rougies puisque ce paramètre, tout comme B-V, est sensible au rougissement interstellaire.

Enfin pour les étoiles de type F avancé, les 3 paramètres deviennent arbitraires en même temps que moins précis. Néanmoins malgré ces quelques restrictions, il semblait intéressant de faire l'étude du plus grand nombre possible d'étoiles multiples de composantes moins avancées que G0 afin de permettre des recherches plus générales que celles de JOHNSON, STRUVE et FRANKLIN - qui, au contraire, s'étaient limités aux types plus avancés que A0. - et d'essayer de mettre en évidence les différences entre les propriétés des étoiles situées sur la séquence principale ou hors de cette séquence (soit qu'elles commencent à s'en éloigner - 3ème phase - soit qu'elles n'y soient pas encore parvenues - 1ère phase -). Les étoiles doubles peuvent également apporter une contribution importante à l'étude des magnitudes absolues.

Chapitre I

ETUDE SPECTROPHOTOMETRIQUE DES COMPOSANTES DE 77 SYSTEMES D'ETOILES DOUBLES OU MULTIPLES.

Méthodes d'observation.

Les observations rapportées ici ont eu lieu de Décembre 1955 à Mars 1960, en plusieurs missions, au télescope de 80 cm. de l'Observatoire de Haute-Provence ; quelques observations d'étoiles brillantes ont été faites également à la Station Scientifique du Jungfraujoch avec le télescope de 25 cm. de l'Institut d'Astrophysique de Paris.

Elles portent sur environ 80 systèmes d'étoiles doubles ou multiples à composantes largement séparées choisies dans le catalogue de WALLENQUIST : la séparation entre 2 composantes doit être grande pour permettre d'enregistrer, de façon bien séparée, chacun des spectres ; il n'y a pas de distance angulaire minimale très précise qui ait été imposée ; celle-ci est fonction notamment de la différence d'éclat entre les étoiles d'un système ; ainsi si cette différence est de l'ordre de plusieurs magnitudes, l'expérience montre que la lumière parasite de la composante brillante perturbe de façon sensible le spectre de la composante faible dès que la distance angulaire devient inférieure à 15" ; c'est le cas notamment de ε Persée et de ζ Persée. Par contre, si les 2 étoiles ont des magnitudes voisines, la séparation demeure suffisante même pour des distances angulaires inférieures à 10" - à condition toutefois que les images soient bonnes et la turbulence très faible.

Le matériel utilisé et les méthodes d'observation et de dépouillement ont été décrits* [4]

---

* Nous rappellerons simplement ici que le spectrographe employé à optique de quartz a une dispersion de 220 Å/mm et un pouvoir séparateur de 10 Å environ au voisinage de Hδ ; la longueur du spectre est de 15 mm entre 6200 Å et 3000 Å.

...

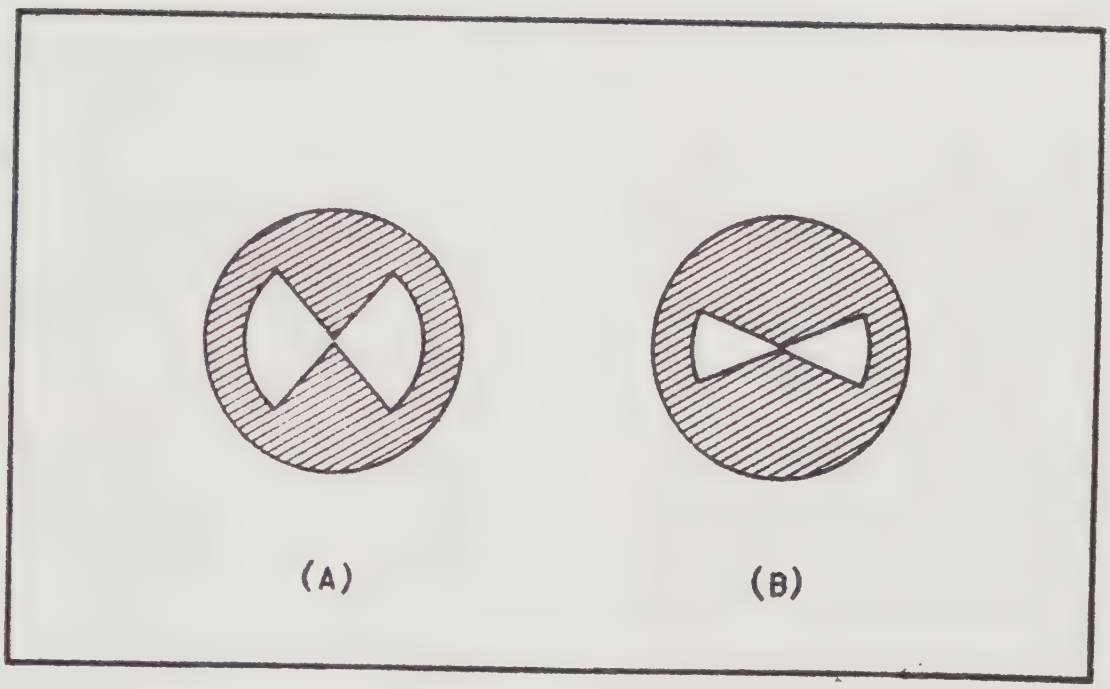


Figure I : SECTEURS TOURNANTS

(A) Affaiblissement en magnitude $\Delta m = 0,6$
(B) Affaiblissement en magnitude $\Delta m = 1,5$

On détermine pour chaque composante les valeurs des trois paramètres Φ_b, D, λ_1 utilisés dans la classification tridimensionnelle. La valeur de ces paramètres a été déduite en général de 6 observations - au moins - faites au cours d'une même mission ou de missions différentes.

Les temps de pose sont toujours du même ordre de grandeur pour un cliché donné. Sauf dans le cas de quelques étoiles très faibles ($m_v > 9$), ils sont tous entre eux dans un rapport compris entre 1 et 3 afin d'éviter autant que possible les erreurs systématiques dans les mesures dues au fait que les émulsions utilisées ne suivent qu'approximativement la loi de réciprocité. Ce résultat est obtenu en affaiblissant la composante la plus brillante au moyen d'un secteur tournant d'ouverture variable centré sur l'objectif collimateur (fig. 1); ce dispositif a l'avantage de ne produire aucun effet d'intermittence, mais on doit éviter d'employer des secteurs trop fermés à cause des phénomènes de diffraction. Néanmoins on peut ainsi comparer directement des étoiles différant de 2 à 3 magnitudes*. (La valeur absolue du flux atteignant la plaque n'a pas besoin d'être connue pour la détermination des 3 paramètres).

Une autre difficulté se présente lorsque les deux composantes apparaissent dans le ciel sensiblement sur une même verticale : la lumière des deux étoiles peut entrer simultanément dans la fente car le plan déterminé par la fente et l'axe du collimateur doit toujours

---

* Pour que les positions relatives des composantes d'une étoile double dans l'espace (Φ_b, D, λ_1) soient connues avec la meilleure précision, il y a intérêt à ce que les 3 paramètres caractéristiques de chaque composante soient déterminés sur une même plaque photographique. L'effet de l'irrégularité de la sensibilité de la plaque photographique est ainsi très atténué surtout si les spectres comparés sont voisins sur la plaque.

De plus, ces spectres sont pris successivement dans un intervalle de temps petit, si les temps de pose sont assez courts - ils sont très souvent inférieurs à 30 mn - ; ainsi les erreurs dues aux variations éventuelles de l'absorption atmosphérique sont également éliminées en grande partie.

être vertical afin d'éviter les phénomènes de réfraction atmosphérique si l'on ne vise pas au voisinage du zénith. Dans ce cas on obtiendrait 2 spectres partiellement confondus à cause de l'oscillation du châssis. On évite cet effet, soit en reculant ou avançant l'heure de la prise des spectres du système binaire considéré car les deux composantes ne sont plus sur une même verticale - un déplacement de deux ou trois heures sera suffisant en général - , soit en interceptant l'image de celle des deux composantes dont on ne prend pas le spectre, au moyen d'un écran mobile placé dans le plan de la fente du spectrographe; cet écran ne doit pas être trop près de l'autre composante si la distance zénithale est un peu grande pour éviter de diaphragmer une partie de la lumière dispersée par l'atmosphère - effet sensible notamment dans l'ultraviolet.

Dépouillement des observations.

Sur chaque cliché ont été pris à côté des spectres des étoiles étudiées, les spectres d'une ou deux étoiles de comparaison très bien connues : ce sont celles utilisées par tous les chercheurs de l'Institut d'Astrophysique de Paris. Le tableau suivant en donne la liste avec leurs principales caractéristiques.

Numéro HD	Nom de l'étoile	Type M.K.	m_V
11.241	I Per	B2 V	5,5
24.760	ε Per	B0,5 V	3,0
47.839	S Mon	O7	4,7
47.887		B1 V	7,0
77.770		B3 III	7,5
149.881		B0 III	16,5
214.263		B2 V	6,75
214.680	10 Lac	O9 V	4,9

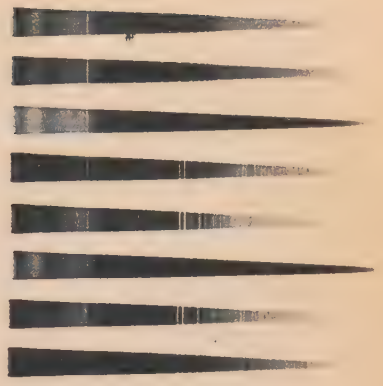
Figure 2 : REPRODUCTION D'UN CLICHE D'ETOILES DOUBLES PRIS AU TELESCOPE DE 80 cm DE L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE DANS LA NUIT DU I3 AU I4 JANVIER I959.

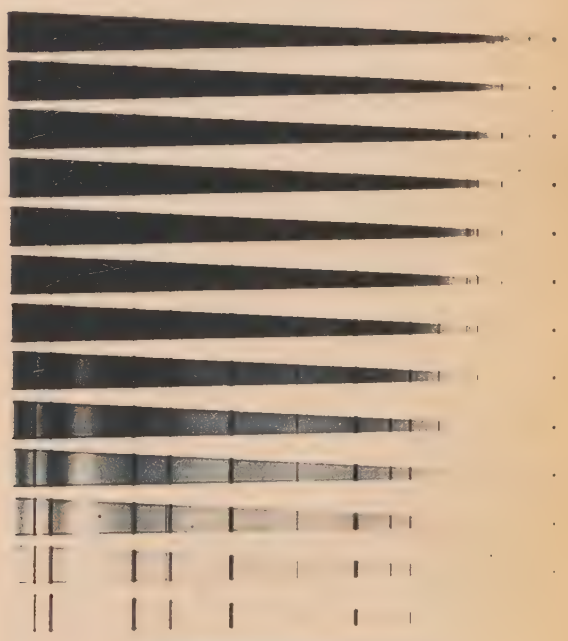
Chaque spectre stellaire est pris deux fois symétriquement par rapport à l'étalonnage.

Les étoiles de comparaison sont HD 47887 et I Per toutes deux de type B.

Les étoiles doubles sont de type F à l'exception de ADS 3579 A et B qui sont l'une et l'autre de type B.

*	t	m	Δ m	Sec z
ADS 3579 A	I3 mn.	6,0	I,5	I,36
ADS 3579 B	25	8,0	0	I,2I
HD 47887	I2	7,0	0	I,26
ADS 3243 B	45	8,3	0	I,06
ADS 3243 A	I4	6,5	0,6	I,04
I Per	I4	5,5	I,8	I,06
ADS 903 A	2I	6,8	0	I,30
ADS 903 B	II	7,6	0	I,29





ETALONNAGE

Temps de pose pour chaque spectre : I5 mn.

*	t	m	Δ m	Sec z
ADS 903 B	II mn.	7,6	0	I,38
ADS 903 A	2I	6,8	0	I,43
I Per	I4	5,5	I,8	I,05
ADS 3243 A	I4	6,5	0,6	I,03
ADS 3243 B	45	8,3	0	I,03
HD 47887	I2	7,0	0	I,28
ADS 3579 B	25	8,0	0	I,26
ADS 3579 A	I3	6,0	I,5	I,3I

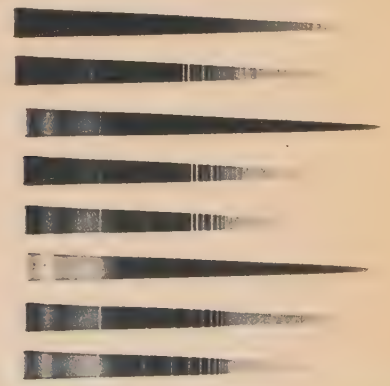


Figure: 2

* : Nom de l'étoile.

t : Temps de pose.

m : Magnitude.

Δ m : Augmentation de magnitude donnée par le secteur.

Sec z : Sécante z.

Toutes ces étoiles sont très souvent intercomparées de façon à contrôler leur constance*.

La figure 2 reproduit un cliché d'étoiles doubles prises au cours d'une même nuit. Les spectres N° 11 à 23 sont les "spectres de gradation" destinés à la détermination des courbes de noircissement. Ils sont obtenus au laboratoire [4] avec élargissement maximum.

Les spectres stellaires correspondant à des étoiles parfois assez faibles, $m > 6$, n'ont subi qu'un élargissement réduit afin que les temps de pose soient relativement courts; bien entendu l'élargissement doit être le même pour tous les spectres que l'on veut intercomparer.

Le spectre de chaque étoile est pris deux fois, symétriquement par rapport aux spectres de gradation, de façon à atténuer l'effet d'une variation dans la sensibilité de la plaque entre le haut et le bas de celle-ci.

Les étoiles de comparaison sont HD 47.887 et I Per; cette dernière a été affaiblie par le secteur tournant de telle sorte que sa magnitude soit du même ordre que celle des étoiles étudiées.

Les spectres sont tous enregistrés au microphotomètre, et un fond continu est défini sur chaque microphotogramme comme il a été déjà indiqué [4, 5].

Cette courbe enveloppe ne représente le véritable fond continu que pour les étoiles des premiers types spectraux pour lesquels les "fenêtres" entre les raies sont assez nombreuses et assez larges pour permettre d'atteindre ce fond continu avec la faible dispersion utilisée. Pour les types plus avancés que A5 la courbe tracée doit s'écarter du vrai fond continu et le pseudo-continu ainsi défini permet de déterminer les valeurs des grandeurs Φ_b, D, λ_1 qui servent dans notre classification, mais ces grandeurs perdent leur signification physique initiale**.

---

* En particulier pour S Mon dans le spectre de laquelle nous n'avons encore jamais décelé de variation.

** Des recherches sont en projet pour déterminer les termes correctifs fonctions du type spectral et de la classe de luminosité à ajouter aux valeurs des paramètres pour retrouver les valeurs des grandeurs physiques initiales.

Cet effet est particulièrement important dans l'ultraviolet au-delà de la discontinuité de Balmer; pour les étoiles F on ne mesure que 2 points, correspondant à λ = 3650 Å et λ = 3299 Å où il existe des fenêtres relativement larges.

Selon les méthodes décrites [4, 5] chaque fond continu stellaire est comparé au fond continu de l'étoile de comparaison pour un certain nombre de longueurs d'onde régulièrement réparties le long du spectre entre 6200 Å et 3400 Å, tout au moins pour les étoiles O, B et A des premiers types; dans la région de l'ozone atmosphérique au-dessous de 3400 Å les mesures sont faites pour les longueurs d'onde correspondant aux minima et maxima de l'ozone [4]. Pour les étoiles avancées la comparaison ne peut évidemment avoir lieu que pour les 2 points précités.

A chacune des longueurs d'onde considérées correspond un rapport dont on détermine le logarithme décimal :

$$(1) \quad r_\lambda = \log \frac{\text{intensité de l'étoile étudiée}}{\text{intensité de l'étoile de comparaison}}$$

ce rapport étant corrigé de l'absorption atmosphérique (extinction par diffusion et absorption par l'ozone comme il a été déjà expliqué [4].)

Résultats des observations.

Les résultats détaillés pour 57 étoiles doubles sont contenus dans les tableaux I_a, I_b, I_c; les composantes de chaque système binaire ou multiple se trouvent toujours côte à côte.

Le tableau I_a contient des étoiles des premiers types O, B et A, dont les mesures s'étendent dans l'ultraviolet lointain jusqu'à 3129 Å.

Le tableau I_b contient des étoiles de type analogue, mais dont les mesures ont été poussées moins loin dans l'ultraviolet; c'est le cas notamment de certaines étoiles faibles dont les spectres ont été pris avec l'élargissement minimum et l'étroitesse du spectre au-dessous de 3500 Å rendrait les mesures très imprécises.

Le tableau I_c enfin renferme les systèmes dont les 2 composantes de type F n'ont été mesurées que pour deux points dans l'ultraviolet au-delà de la discontinuité de Balmer; certaines étoiles F se trouvent dans le tableau I_b avec leur compagnon si celui-ci est moins avancé.

Les deux premières colonnes de chaque tableau contiennent les longueurs d'onde pour lesquelles les mesures sont faites et leurs inverses; les autres colonnes contiennent les valeurs de r_λ (1); en tête de chaque colonne est indiqué le numéro ADS de l'étoile étudiée son nom ou numéro HD ou HR, l'étoile de comparaison et le nombre de mesures faites; à une ou deux exceptions près, seules ont été indiquées dans ces tableaux les étoiles mesurées au moins 6 fois*.

Le tableau II - extrait d'un travail d'ensemble en cours de préparation à l'Institut d'Astrophysique de Paris - donne les valeurs de r_λ pour les étoiles de comparaison précitées comparées à l'étoile S Mon**. On peut ainsi en combinant les nombres des tableaux I et II comparer toutes les étoiles étudiées à l'une quelconque d'entre elles, notamment S Mon, et lorsque la répartition énergétique de cette étoile aura été bien déterminée***, on connaîtra celle de toutes les étoiles étudiées ici (avec la réserve faite page 7 sur la détermination du fond continu).

---

* $r_\lambda = \log \frac{I \text{ (étoile étudiée)}}{I \text{ (étoile de comparaison)}}$ est défini à une constante près; cette constante a été choisie arbitrairement pour chaque étoile de telle sorte que r_λ s'annule pour $\lambda = 4253$ Å afin d'homogénéiser la présentation des résultats et de faciliter la comparaison immédiate des étoiles ayant le même étalon. Une convention analogue avait déjà été adoptée dans [6], mais l'étalon choisi était toujours S Mon.

** Les valeurs de log (S Mon) - log (1 Per = H 11.241) ont déjà été publiées dans [6] ; celles qui sont publiées ici proviennent de mesures plus nombreuses et plus récentes mais elles diffèrent très peu des précédentes - au signe près les rapports étant inversés.

*** Le travail est en cours : comparaison des étoiles étalons avec une étoile artificielle ayant une répartition énergétique connue.

Figures 3 et 4

COMPARAISON DE DEUX ETOILES - LOG $\frac{I}{I_o}$ - EN FONCTION DE $I\!\!\lambda$

La pente de la droite XYZ détermine le gradient G_{rb}
" YZ " G_b
" TV " G_{uv}

La différence d'ordonnée entre Z et T mesure la différence de discontinuité de Balmer ΔD entre les deux étoiles.

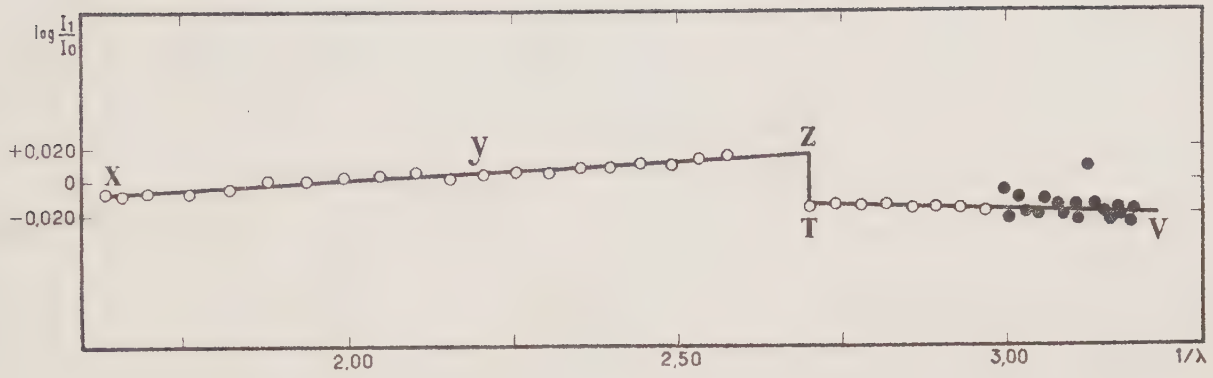
Les cercles noirs correspondent aux bandes de l'ozone de l'ultraviolet ; les cercles blancs correspondent à des longueurs d'onde régulièrement espacées, en général, sur les spectres.

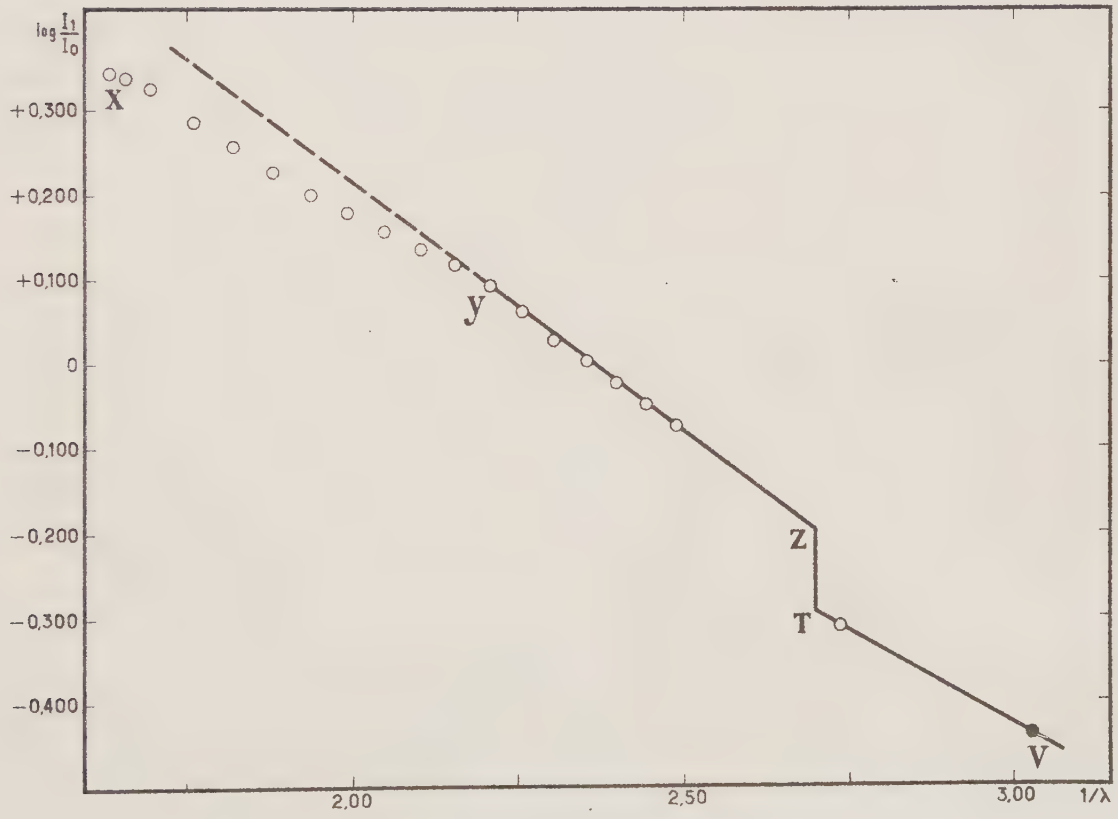
Sur la figure 3 les deux étoiles comparées sont de type B et O : HD 36960 / S Mon

$G_{rb} = -0.05$ $G_{uv} = +0.02$ $\Delta D = +0.029$

Sur la figure 4 il s'agit d'une étoile F et d'une étoile B : 8 Mon B / HD 47887

$G_b = +1.36$ $G_{uv} = +1.00$ $\Delta D = +0.094$


log I1/I0
+0,020
0
−0,020
X
y
Z
T
V
2,00
2,50
3,00
1/λ


log I1/I0
+0,300
+0,200
+0,100
0
−0,100
−0,200
−0,300
−0,400
X
y
Z
T
V
2,00
2,50
3,00
1/λ

D'autre part en portant r_λ en fonction de $1/\lambda$, on obtient des courbes analogues à celles des figures 3 et 4. Les sections XYZ et TV correspondent respectivement au spectre visible et à l'ultraviolet et ZT représente la différence ΔD de discontinuité de Balmer entre l'étoile étudiée et l'étoile de comparaison. Pour les étoiles O ou B la partie XYZ est pratiquement rectiligne et définit un gradient relatif G_{rb} ; pour les étoiles plus avancées la partie rectiligne se réduit à YZ, bleu-violet et définit un gradient relatif G_b.

Lorsque les mesures ont pu être faites jusqu'à $\lambda = 3299$ Å (voir page 8) un gradient relatif ultraviolet G_{uv} correspondant à la partie TV a pu être défini. Ces notions sont sensiblement les mêmes que celles qui ont été données plus en détail dans des publications antérieures [4 et 5] .

Les trois dernières lignes des tableaux I donnent les valeurs de G_{rb} ou G_b, G_{uv} et ΔD ; d'autre part, les dernières lignes du tableau II donnent les gradients relatifs et ΔD des diverses étoiles de comparaison par rapport à S Mon. Pour celle-ci nous admettrons comme valeurs des paramètres celles qui ont été publiées dans [6] :

$$\phi_b = \phi_{rb} = 0.73$$
$$\phi_{uv} = 0.54$$
$$D = 0.042$$

Celles-ci permettent de calculer également les valeurs de ϕ_{rb}, ϕ_b, ϕ_{uv} et D pour les étoiles de comparaison d'après les relations :

$$G_{rb}\,(A, B) = \phi_{rb}\,(A) - \phi_{rb}\,(B)$$
$$\text{ou } G_b\,(A, B) = \phi_b\,(A) - \phi_b\,(B)$$
$$G_{uv}\,(A, B) = \phi_{uv}\,(A) - \phi_{uv}\,(B)$$
$$\Delta D\,(A, B) = D\,(A) - D\,(B)$$

où $G_{rb}\,(A, B)$, $G_b\,(A, B)$, $G_{uv}\,(A, B)$, $\Delta D\,(A, B)$ désignent les valeurs des gradients relatifs de l'étoile A par rapport à l'étoile B ainsi que les différences de discontinuité de Balmer ; $\phi_{rb}\,(A)$, $\phi_b\,(A)$, $\phi_{uv}\,(A)$, $D\,(A)$ sont les gradients absolus et la discontinuité de Balmer de l'étoile A.

Ces quantités étant connues, les mêmes relations (2) appliquées aux G et ΔD des diverses étoiles étudiées fournissent les valeurs

...

de leurs gradients absolus ϕ_{rb} (ou ϕ_b), ϕ_{uv} et de leur discontinuité de Balmer D.

Par la méthode déjà décrite [4] on a calculé également la valeur du paramètre λ_I.

Le tableau III contient l'ensemble des déterminations des paramètres ϕ_b, ou ϕ_{rb}, ϕ_{uv}, D et λ_I pour les diverses étoiles étudiées.

La première colonne contient un numéro d'ordre pour chaque étoile multiple, qui permettra de la désigner sur les figures, les deux suivantes donnent le numéro ADS et le nom de l'étoile ou à défaut le numéro HR ou HD ; la quatrième, la magnitude visuelle d'après le catalogue de Wallenquist ; la cinquième, la distance angulaire des composantes pour chaque système ; les colonnes 6, 7, 8, 9, les valeurs des paramètres ϕ_b, ϕ_{uv}, D et (λ_I - 3700 Å) ; entre parenthèses est indiqué le nombre de déterminations ; la colonne IO, le type MK équivalent au type que définissent nos paramètres, déterminé d'après les réseaux de courbes tracées sur les diagrammes (λ_I,D) [7]. Mais certaines modifications ont été apportées au tracé des réseaux publiés dans [7] : celles ci sont dues à la connaissance de nouvelles étoiles classées qui ont permis de préciser ceux-ci ; la position de la série principale sera notamment discutée dans la 3ème partie de cet exposé ; d'autre part, un nouveau tracé du fond continu conventionnel de l'ultraviolet au-delà de la discontinuité de Balmer pour les étoiles avancées (voir page 8) est responsable de changements systématiques assez importants dans le domaine du diagramme (λ_I,D) correspondant aux étoiles F. Ces types MK sont donnés à titre indicatif pour raccorder les deux systèmes de classification. Enfin la colonne II contient des numéros qui renvoient à des remarques particulières qui suivent le tableau III.

Dans ce tableau III se trouvent toutes les étoiles des tableaux I_a, I_b, I_c ainsi qu'une vingtaine d'autres étoiles doubles qui pour diverses raisons -données jugées insuffisantes, renseignements fournis par d'autres chercheurs de l'Institut d'Astrophysique de Paris, publiés ou non- ne s'y trouvent pas. Mais, leurs 3 paramètres ϕ_b, D, λ_I sont connus néanmoins avec une précision suffisante pour apporter une contribution à l'étude de l'évolution et des magnitudes absolues des chapitres suivants.

...

TABLEAU Ia

Etoile étudiée	ADS	899 A	899 B	I683 A	I683 B	3274 A	3274 B
		ψ_1 Psc		59 And		I Cam	
Etoile de comparaison		I Per	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons		7	7	7	7	6	6
λ	$1/\lambda$						
6II3	I.636	+0.080	+0.046	+0.039	+0.I03	+0.I99	+0.I92
60I9	I.66I	+0.08I	+0.046	+0.036	+0.I02	+0.I89	+0.I84
5885	I.699	+0.085	+0.047	+0.04I	+0.098	+0.I86	+0.I75
5679	I.76I	+0.07I	+0.039	+0.034	+0.087	+0.I77	+0.I62
549I	I.82I	+0.059	+0.03I	+0.029	+0.074	+0.I53	+0.I45
53I9	I.880	+0.054	+0.028	+0.026	+0.070	+0.I37	+0.I28
5I62	I.937	+0.045	+0.022	+0.02I	+0.062	+0.II9	+0.III
50I7	I.993	+0.036	+0.0I5	+0.020	+0.055	+0.097	+0.090
4883	2.048	+0.028	+0.0I3	+0.0I6	+0.044	+0.078	+0.07I
4758	2.I02	+0.030	+0.020	+0.0I4	+0.039	+0.066	+0.060
4643	2.I54	+0.03I	+0.02I	+0.0I3	+0.039	+0.044	+0.045
4536	2.205	+0.0I6	+0.0I2	+0.007	+0.025	+0.033	+0.034
4435	2.255	+0.0I0	+0.004	+0.006	+0.0I6	+0.022	+0.023
434I	2.304	+0.007	+0.003	+0.003	+0.007	+0.0II	+0.0II
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	-0.006	-0.002	-0.002	-0.007	-0.0I0	-0.0I0
4093	2.443	-0.0I4	-0.007	-0.004	-0.0I2	-0.0I6	-0.0I8
40I9	2.488	-0.022	-0.0I5	-0.007	-0.020	-0.025	-0.025
3949	2.532						
3704	2.700	-0.382	-0.337	-0.327	-0.406	+0.02I	-0.006
3650	2.740	-0.399	-0.349	-0.339	-0.426	+0.0I6	-0.0I4
3598	2.779	-0.4I5	-0.360	-0.349	-0.442	+0.009	-0.022
3548	2.8I8	-0.430	-0.372	-0.356	-0.452	+0.003	-0.029
350I	2.856	-0.442	-0.38I	-0.365	-0.462	-0.004	-0.038
3455	2.894	-0.455	-0.39I	-0.374	-0.476	-0.0I0	-0.045
34I2	2.93I	-0.469	-0.40I	-0.386	-0.493	-0.0I9	-0.055
3370	2.967	-0.478	-0.4I0	-0.393	-0.504	-0.028	-0.064
3338	2.996	-0.49I	-0.420	-0.40I	-0.524	-0.039	-0.077
3328	3.005	-0.495	-0.4I9	-0.403	-0.523	-0.040	-0.074
33I2	3.0I9	-0.495	-0.4I8	-0.394	-0.522	-0.032	-0.074
3299	3.03I	-0.494	-0.425	-0.399	-0.5I6	-0.044	-0.080
3279	3.050	-0.5I7	-0.438	-0.4II	-0.56I	-0.037	-0.073
3269	3.059	-0.496	-0.424	-0.399	-0.535	-0.05I	-0.082
3248	3.079	-0.5I8	-0.436	-0.4II	-0.563	-0.049	-0.079
3239	3.087	-0.5I4	-0.442	-0.4I5	-0.555	-0.063	-0.098
3220	3.I06	-0.520	-0.435	-0.405	-0.567	-0.045	-0.090
32I6	3.II0	-0.527	-0.448	-0.4I3	-0.569	-0.055	-0.099
3200	3.I25	-0.527	-0.449	-0.424	-0.570	-0.06I	-0.I05
3I90	3.I35	-0.526	-0.44I	-0.4I3	-0.566	-0.056	-0.09I
3I76	3.I49	-0.535	-0.449	-0.4I9	-0.572	-0.056	-0.095
3I67	3.I58	-0.526	-0.445	-0.4I2	-0.552	-0.06I	-0.I05
3I54	3.I7I	-0.538	-0.454	-0.423		-0.052	-0.I03
3I5I	3.I74	-0.540	-0.454	-0.420		-0.063	-0.I08
3I35	3.I90	-0.559	-0.462	-0.438		-0.06I	-0.II4
3I29	3.I96	-0.533	-0.457	-0.420		-0.067	-0.I08
G_b		+0.30	+0.20	+0.I3	+0.34	+0.6I	+0.59
G_{uv}		+0.78	+0.59	+0.49	+0.85	+0.40	+0.48
ΔD		+0.337	+0.309	+0.3II	+0.357	+0.090	+0.06I

TABLEAU Ia (suite)

Etoile étudiée ADS	A	B	3962 A	3962 B	4I34 A	4I34 C
	94, τ Tau		23 Ori		δ Ori	
Etoile de comparaison	S Mon	HD 47887	HD 47887	HD 47887	ε Per	S Mon
Nombre de comparaisons	I4	8	I8	I7	I8	6
λ	1/λ					
6II3	I.636	+0.029	+0.092	+0.029	+0.040	−0.029	+0.023
60I9	I.66I	+0.030	+0.09I	+0.026	+0.04I	−0.027	+0.0I9
5885	I.699	+0.033	+0.I00	+0.025	+0.036	−0.028	+0.0I5
5679	I.76I	+0.028	+0.084	+0.020	+0.028	−0.02I	+0.0II
549I	I.82I	+0.02I	+0.068	+0.020	+0.027	−0.022	+0.0I2
53I9	I.880	+0.0I5	+0.058	+0.0I7	+0.024	−0.0I9	+0.007
5I62	I.937	+0.0I5	+0.05I	+0.0I5	+0.0I7	−0.0I6	+0.002
50I7	I.993	+0.0I2	+0.042	+0.0II	+0.0I3	−0.0I4	+0.00I
4883	2.048	+0.008	+0.039	+0.004	+0.008	−0.0I0	−0.00I
4758	2.I02	+0.0I0	+0.036	+0.005	+0.0II	−0.0I0	+0.009
4643	2.I54	+0.0II	+0.032	+0.003	+0.0I3	−0.007	+0.008
4536	2.205	+0.009	+0.022	+0.002	+0.006	−0.008	+0.006
4435	2.255	+0.005	+0.0I5	+0.00I	+0.005	−0.004	+0.003
434I	2.304	+0.003	+0.006	0	+0.002	−0.00I	−0.00I
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	−0.002	−0.009	−0.003	−0.004	+0.00I	−0.003
4093	2.443	−0.008	−0.020	−0.005	−0.009	0	−0.008
40I9	2.488	−0.0I4	−0.033	−0.006	−0.0I3	+0.00I	−0.0I4
3949	2.532			−0.008			−0.022
3704	2.700	−0.232	−0.47I	−0.036	−0.I5I	+0.036	−0.I56
3650	2.740	−0.240	−0.489	−0.037	−0.I55	+0.040	−0.I65
3598	2.779	−0.246	−0.506	−0.038	−0.I60	+0.043	−0.I7I
3548	2.8I8	−0.253	−0.5I9	−0.039	−0.I64	+0.044	−0.I74
350I	2.856	−0.257	−0.534	−0.039	−0.I69	+0.047	−0.I80
3455	2.894	−0.263	−0.55I	−0.040	−0.I73	+0.050	−0.I85
34I2	2.93I	−0.269	−0.565	−0.042	−0.I78	+0.052	−0.I93
3370	2.967	−0.273	−0.582	−0.043	−0.I83	+0.053	−0.I99
3338	2.996	−0.268	−0.593	−0.05I	−0.I80	+0.048	−0.202
3328	3.005	−0.277	−0.59I	−0.049	−0.I94	+0.059	−0.2I0
33I2	3.0I9	−0.274	−0.593	−0.048	−0.I84	+0.053	−0.2I2
3299	3.03I	−0.282	−0.592	−0.048	−0.I90	+0.053	−0.204
3279	3.050	−0.290	−0.6I6	−0.048	−0.I92	+0.062	−0.2II
3269	3.059	−0.282	−0.6I2	−0.053	−0.I88	+0.052	−0.205
3248	3.079	−0.294		−0.033		+0.060	−0.209
3239	3.087	−0.288		−0.060		+0.059	−0.2I7
3220	3.I06	−0.292		−0.054		+0.058	
32I6	3.II0	−0.290		−0.055		+0.047	
3200	3.I25	−0.277		−0.053		+0.057	
3I90	3.I35	−0.30I		−0.049		+0.060	
3I76	3.I49	−0.292		−0.05I		+0.064	
3I67	3.I58	−0.29I		−0.063		+0.064	
3I54	3.I7I	−0.295		−0.074		+0.07I	
3I5I	3.I74	−0.287		−0.075		+0.064	
3I35	3.I90	−0.294		−0.064		+0.076	
3I29	3.I96	−0.294		−0.066		+0.066	
G_b		+0.I3	+0.40	+0.08 (G_{rb})	+0.I3 (G_{rb})	−0.08 (G_{rb})	+0.I2
G_{uv}		+0.33	+0.93	+0.08	+0.25	−0.I3	+0.34
ΔD		+0.2I3	+0.4I0	+0.022	+0.I3I	−0.027	+0.I36

TABLEAU Ia (suite)

Etoile Etudiée	ADS	4I82 A HD 36960	4I82 B HD 36959	I5I84 A	I5I84 C HD 206267	I5I84 D	I5987 B δ Cep B
Etoile de comparaison		S Mon	S Mon	S Mon	S Mon	S Mon	I Per
Nombre de comparaisons		39	I0	I2	I0	8	5
λ	1/λ						
6II3	I.636	−0.003	−0.006	+0.255	+0.237	+0.224	+0.070
60I9	I.66I	−0.003	−0.006	+0.255	+0.239	+0.224	+0.063
5885	I.699	−0.003	−0.004	+0.243	+0.228	+0.2I0	+0.064
5679	I.76I	−0.005	−0.005	+0.22I	+0.2II	+0.I98	+0.055
549I	I.82I	−0.002	−0.005	+0.I93	+0.I86	+0.I76	+0.046
53I9	I.880	+0.002	−0.002	+0.I74	+0.I6I	+0.I52	+0.039
5I62	I.937	0	−0.005	+0.I46	+0.I33	+0.I28	+0.029
50I7	I.993	+0.002	−0.003	+0.II6	+0.I07	+0.I02	+0.009
4883	2.048	+0.002	−0.004	+0.096	+0.086	+0.080	+0.0I6
4758	2.I02	+0.00I	−0.005	+0.078	+0.075	+0.074	+0.0II
4643	2.I54	−0.00I	−0.003	+0.065	+0.058	+0.057	+0.007
4536	2.205	+0.00I	−0.003	+0.047	+0.045	+0.044	+0.006
4435	2.255	0	−0.002	+0.030	+0.032	+0.028	+0.006
434I	2.304	−0.00I	−0.00I	+0.0I6	+0.0I6	+0.0I2	+0.005
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	0	−0.00I	−0.0I2	−0.0I0	−0.0I0	−0.004
4093	2.443	+0.00I	−0.003	−0.028	−0.025	−0.02I	−0.0I0
40I9	2.488	+0.002	−0.005	−0.042	−0.039	−0.034	−0.0I4
3949	2.532						
3704	2.700	−0.028	−0.07I	−0.098	−0.I32	−0.II3	−0.239
3650	2.740	−0.028	−0.073	−0.II0	−0.I48	−0.I26	−0.246
3598	2.779	−0.029	−0.075	−0.I22	−0.I63	−0.I36	−0.256
3548	2.8I8	−0.030	−0.078	−0.I35	−0.I79	−0.I48	−0.263
350I	2.856	−0.03I	−0.080	−0.I48	−0.I95	−0.I59	−0.268
3455	2.894	−0.032	−0.082	−0.I62	−0.2I3	−0.I7I	−0.279
34I2	2.93I	−0.033	−0.085	−0.I76	−0.230	−0.I83	−0.285
3370	2.967	−0.035	−0.088	−0.I90	−0.246	−0.I94	−0.292
3338	2.996	−0.030	−0.075	−0.I94	−0.254	−0.I96	−0.302
3328	3.005	−0.038	−0.088	−0.20I	−0.264	−0.2I2	−0.296
33I2	3.0I9	−0.029	−0.082	−0.208	−0.272	−0.I99	−0.304
3299	3.03I	−0.036	−0.086	−0.207	−0.273	−0.2II	−0.305
3279	3.050	−0.036	−0.087	−0.2I3	−0.29I	−0.230	−0.3I3
3269	3.059	−0.03I	−0.087	−0.222	−0.286	−0.222	−0.3II
3248	3.079	−0.034	−0.086	−0.240	−0.3I4	−0.239	−0.324
3239	3.087	−0.034	−0.098	−0.237	−0.305	−0.233	−0.326
3220	3.I06	−0.035	−0.092	−0.244	−0.3I0	−0.238	−0.3I4
32I6	3.II0	−0.043	−0.I02	−0.24I	−0.32I	−0.240	−0.325
3200	3.I25	−0.0I0	−0.064	−0.252	−0.300	−0.2I8	−0.323
3I90	3.I35	−0.034	−0.086	−0.268	−0.3I8	−0.23I	−0.322
3I76	3.I49	−0.035	−0.095	−0.259	−0.335	−0.248	−0.3I9
3I67	3.I58	−0.037	−0.089	−0.26I	−0.322	−0.234	−0.330
3I54	3.I7I	−0.035	−0.088	−0.266	−0.333	−0.258	−0.339
3I5I	3.I74	−0.036	−0.087	−0.263	−0.327	−0.25I	−0.329
3I35	3.I90	−0.04I	−0.I0I	−0.265	−0.34I	−0.252	−0.34I
3I29	3.I96	−0.037	−0.094	−0.27I	−0.325	−0.237	−0.350
G_b		$-0.0I(G_{rb})$	$-0.0I(G_{rb})$	$+0.83(G_{rb})$	$+0.77(G_{rb})$	$+0.72(G_{rb})$	$+0.29$
G_{uv}		+0.04	+0.II	+0.8I	+I.00	+0.68	+0.46
ΔD		+0.030	+0.07I	+0.008	−0.036	−0.029	+0.008

TABLEAU Ia (suite et fin)

Etoile étudiée	ADS	I6095 A	I6095 B
		8 Lac	
Etoile de comparaison		I0 Lac	I0 Lac
Nombre de comparaisons		II	8
λ	1/λ		
6II3	I.636	+0.0I4	+0.025
60I9	I.66I	+0.0II	+0.024
5885	I.699	+0.0I0	+0.02I
5679	I.76I	+0.007	+0.0II
549I	I.82I	+0.007	+0.0I5
53I9	I.880	+0.006	+0.0I9
5I62	I.937	+0.002	+0.0I4
50I7	I.993	+0.003	+0.007
4883	2.048	-0.00I	+0.005
4758	2.I02	+0.00I	+0.006
4643	2.I54	+0.003	+0.006
4536	2.205	+0.003	+0.004
4435	2.255	+0.004	+0.004
434I	2.304	0	+0.002
4253	2.35I	0	0
4I7I	2.397	-0.002	+0.00I
4093	2.443	-0.004	0
40I9	2.488	-0.007	+0.00I
3949	2.532		
3704	2.700	-0.074	-0.I04
3650	2.740	-0.077	-0.III
3598	2.779	-0.082	-0.II4
3548	2.8I8	-0.082	-0.II7
350I	2.856	-0.086	-0.I20
3455	2.894	-0.086	-0.I26
34I2	2.93I	-0.088	-0.I29
3370	2.967	-0.092	-0.I3I
3338	2.996	-0.084	-0.I20
3328	3.005	-0.092	-0.I35
33I2	3.0I9	-0.094	-0.II9
3299	3.03I	-0.092	-0.I36
3279	3.050	-0.097	-0.I40
3269	3.059	-0.093	-0.I33
3248	3.079	-0.09I	-0.I39
3239	3.087	-0.I0I	-0.I42
3220	3.I06	-0.097	-0.I40
32I6	3.II0	-0.097	-0.I42
3200	3.I25	-0.068	-0.III
3I90	3.I35	-0.095	-0.I45
3I76	3.I49	-0.096	-0.I4I
3I67	3.I58	-0.089	-0.I45
3I54	3.I7I	-0.096	-0.I49
3I5I	3.I74	-0.090	-0.I43
3I35	3.I90	-0.088	-0.I44
3I29	3.I96	-0.097	-0.I49
G_b		+0.04(G_{rb})	+0.05(G_{rb})
G_{uv}		+0.I3	+0.I8
AD		+0.069	+0.099

TABLEAU Ib

	ADS	5I3 A	5I3 B	988 A	988 B	I073 A	I073 C
Etoile étudiée		π And		HD 7215		φ Cas	
Etoile de comparaison		I Per	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons		6	6	6	6	6	6
λ	1/λ						
6II3	I.636	+0.0I7	+0.I57	+0.056	+0.I43	+0.437	+0.307
60I9	I.66I	+0.0I6	+0.I55	+0.053	+0.I38	+0.423	+0.293
5885	I.699	+0.0I5	+0.I46	+0.052	+0.I30	+0.404	+0.270
5679	I.76I	+0.0I5	+0.I20	+0.048	+0.II4	+0.390	+0.255
549I	I.82I	+0.009	+0.I07	+0.042	+0.I04	+0.320	+0.2I7
53I9	I.880	+0.0II	+0.085	+0.036	+0.090	+0.274	+0.I90
5I62	I.937	+0.005	+0.069	+0.030	+0.08I	+0.237	+0.I58
50I7	I.993	0	+0.068	+0.03I	+0.062	+0.2II	+0.I28
4883	2.048	+0.004	+0.049	+0.024	+0.045	+0.I83	+0.I02
4758	2.I02	+0.005	+0.063	+0.023	+0.059	+0.I52	+0.083
4643	2.I54	+0.008	+0.054	+0.024	+0.05I	+0.I25	+0.07I
4536	2.205	+0.007	+0.04I	+0.0I5	+0.038	+0.088	+0.055
4435	2.255	+0.005	+0.029	+0.008	+0.025	+0.054	+0.034
434I	2.304	+0.003	+0.0I6	+0.004	+0.0I4	+0.024	+0.0I6
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	-0.002	-0.0I4	-0.004	-0.0I4	-0.0II	-0.0II
4093	2.443	-0.003	-0.032	-0.0I2	-0.029	-0.040	-0.023
40I9	2.488	-0.006	-0.048	-0.020	-0.040	-0.062	-0.034
3949	2.532	-0,005				-0.084	-0.046
3704	2.700	-0.I37	-0.405	-0.386	-0.407		
3650	2.740	-0.I39	-0.424	-0.40I	-0.425	-0.598	-0.II9
3598	2.779	-0.I40	-0.442	-0.4I6	-0.443	-0.630	-0.I37
3548	2.8I8	-0.I40	-0.462	-0.430	-0.460		-0.I54
350I	2.856	-0.I4I		-0.44I	-0.475		-0.I7I
3455	2.894	-0.I4I		-0.455	-0.492		-0.I87
34I2	2.93I	-0.I43		-0.47I	-0.5II		-0.204
3370	2.967	-0.I43		-0.482	-0.527		-0.2I7
3338	2.996	-0.I44					
3328	3.005	-0.I46					
33I2	3.0I9	-0.I49					
3299	3.03I	-0.I49		-0.502	-0.552	-0.863	
3279	3.050	-0.I50					
3269	3.059	-0.I55					
3248	3.079	-0.I45					
3239	3.087	-0.I48					
G_b		+0.09	+0.69	+0.26	+0.63	+I.37	+0.89(G_{rb}
G_{uv}		+0.05	-	+0.83	+I.0I	+I.68	+I.0I
ΔD		+0.I24	+0.299	+0.343	+0.3II	+0.400	+0.023

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	2270 A	2270 B	2592 A	2592 B	3161 A	3161 B
	HR 890	HR 891	HR 1068		χ Tau	
Etoile de comparaison	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons	6	6	8	9	6	
λ 1/λ						
6113 1.636	+0.057	+0.072	+0.129	+0.289	+0.045	+0.396
6019 1.661	+0.052	+0.065	+0.131	+0.288	+0.040	+0.400
5885 1.699	+0.057	+0.066	+0.127	+0.273	+0.040	+0.380
5679 1.761	+0.049	+0.053	+0.114	+0.234	+0.036	+0.337
5491 1.821	+0.047	+0.046	+0.095	+0.200	+0.029	+0.302
5319 1.880	+0.040	+0.036	+0.083	+0.186	+0.023	+0.266
5162 1.937	+0.032	+0.030	+0.077	+0.162	+0.021	+0.225
5017 1.993	+0.026	+0.023	+0.069	+0.134	+0.016	+0.214
4883 2.048	+0.022	+0.018	+0.063	+0.124	+0.011	+0.188
4758 2.102	+0.022	+0.020	+0.058	+0.115	+0.018	+0.169
4643 2.154	+0.023	+0.020	+0.054	+0.099	+0.013	+0.140
4536 2.205	+0.018	+0.017	+0.043	+0.078	+0.011	+0.113
4435 2.255	+0.012	+0.008	+0.030	+0.051	+0.009	+0.076
4341 2.304	+0.006	+0.005	+0.014	+0.024	+0.004	+0.041
4253 2.351	0	0	0	0	0	.0
4171 2.397	−0.002	−0.005	−0.008	−0.023	−0.005	−0.047
4093 2.443	−0.004	−0.011	−0.017	−0.047	−0.008	−0.073
4019 2.488	−0.011	−0.018	−0.025	−0.069	−0.014	−0.108
3949 2.532	−0.013					
3704 2.700	−0.186	−0.349	−0.411		−0.344	−0.231
3650 2.740	−0.192	−0.356	−0.431	−0.291	−0.350	−0.258
3598 2.779	−0.197	−0.365	−0.442		−0.358	
3548 2.818	−0.203	−0.375	−0.457		−0.364	
3501 2.856	−0.207	−0.383	−0.470		−0.371	
3455 2.894	−0.216	−0.390	−0.483		−0.376	
3412 2.931	−0.219	−0.400	−0.499		−0.383	
3370 2.967	−0.223	−0.407	−0.508		−0.388	
3338 2.996	−0.222				−0.393	
3328 3.005	−0.227				−0.393	
3312 3.019	−0.233				−0.400	
3299 3.031	−0.224		−0.509	−0.421	−0.391	
3279 3.050	−0.230				−0.405	
3269 3.059	−0.241				−0.408	
3248 3.079	−0.238				−0.413	
3239 3.087	−0.243				−0.399	
G_b	+0.22	+0.27	+0.52	+1.19	+0.19	+1.81
G_{uv}	+0.32	+0.51	+0.83	+1.03	+0.39	–
ΔD	+0.156	+0.306	+0.341	+0.094	+0.315	−0.042

TABLEAU Ib

Etoile étudiée	ADS	3I79 A	3I79 B	3623 A	3623 B C	3824 A	3824 C
		62 Tau		HR I6I9		I4 Aur	
Etoile de comparaison		I Per	I Per	S Mon	HD 47887	S Mon	HD 47887
Nombre de comparaisons		6	6	6	6	6	I4
λ	$1/\lambda$						
6II3	I.636	+0.208	+0.26I	+0.062	+0.I9I	+0.208	+0.308
60I9	I.66I	+0.20I	+0.246	+0.060	+0.I83	+0.208	+0.296
5885	I.699	+0.I92	+0.233	+0.056	+0.I74	+0.203	+0.296
5679	I.76I	+0.I74	+0.2I5	+0.047	+0.I62	+0.I80	+0.276
549I	I.82I	+0.I58	+0.I96	+0.04I	+0.I33	+0.I60	+0.246
53I9	I.880	+0.I4I	+0.I69	+0.035	+0.II9	+0.I36	+0.2I4
5I62	I.937	+0.I23	+0.I5I	+0.025	+0.I03	+0.I22	+0.I9I
50I7	I.993	+0.I04	+0.I32	+0.022	+0.094	+0.I03	+0.I62
4883	2.048	+0.083	+0.II2	+0.02I	+0.079	+0.095	+0.I37
4758	2.I02	+0.07I	+0.088	+0.0I8	+0.07I	+0.083	+0.I26
4643	2.I54	+0.058	+0.075	+0.022	+0.060	+0.07I	+0.I09
4536	2.205	+0.043	+0.056	+0.0I5	+0.045	+0.049	+0.084
4435	2.255	+0.026	+0.037	+0.009	+0.029	+0.03I	+0.058
434I	2.304	+0.0I2	+0.0I7	+0.00I	+0.0I2	+0.0II	+0.027
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
417I	2.397	-0.0I0	-0.02I	-0.004	-0.0I7	-0.0I4	-0.026
4093	2.443	-0.022	-0.04I	-0.0II	-0.030	-0.03I	-0.052
40I9	2.488	-0.032	-0.06I	-0.0I9	-0.045	-0.050	-0.079
3949	2.532	-0.044		-0.027			
3704	2.700	-0.I74	-0.468	-0.27I	-0.469	-0.50I	
3650	2.740	-0.I85	-0.49I	-0.282	-0.49I	-0.525	-0.323
3598	2.779	-0.I98	-0.5I5	-0.29I	-0.5I6	-0.548	
3548	2.8I8	-0.204	-0.538	-0.294		-0.563	
350I	2.856	-0.2I5		-0.302		-0.583	
3455	2.894	-0.226		-0.3II		-0.598	
34I2	2.93I	-0.236		-0.32I		-0.6I4	
3370	2.967	-0.248		-0.332		-0.629	
3338	2.996	-0.257		-0.329			
3328	3.005	-0.263		-0.340			
33I2	3.0I9	-0.254		-0.340			
3299	3.03I	-0.246		-0.346		-0.653	-0.483
3279	3.050	-0.268		-0.353			
3269	3.059	-0.269		-0.348			
3248	3.079	-0.27I		-0.363			
3239	3.087	-0.269		-0.355			
G_b		+0.63	+0.935	+0.27	+0.72	+0.80	+I.33
G_{uv}		+0.62	-	+0.50	-	+I.04	+I.27
ΔD		+0.093	+0.323	+0.229	+0.358	+0.386	+0.I00

TABLEAU Ib

Etoile étudiée	ADS	4262 A	4262 B	4749 A	4749 B	4773 A	4773 B
		HR 1945		HR 2174		41 Aur	
Etoile de comparaison		I Per	I Per	I Per	I Per	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons		8	6	6	6	10	10
λ	1/λ						
6113	1.636	+0.020	+0.041	+0.107	+0.076	+0.091	+0.170
6019	1.661	+0.023	+0.040	+0.104	+0.074	+0.086	+0.161
5885	1.699	+0.025	+0.042	+0.101	+0.080	+0.084	+0.156
5679	1.761	+0.018	+0.036	+0.081	+0.060	+0.071	+0.137
5491	1.821	+0.019	+0.031	+0.073	+0.049	+0.062	+0.122
5319	1.880	+0.017	+0.024	+0.061	+0.042	+0.052	+0.101
5162	1.937	+0.007	+0.018	+0.056	+0.037	+0.043	+0.088
5017	1.993	0	+0.014	+0.037	+0.031	+0.044	+0.084
4883	2.048	+0.003	+0.013	+0.037	+0.034	+0.030	+0.065
4758	2.102	+0.005	+0.010	+0.028	+0.028	+0.027	+0.060
4643	2.154	+0.010	+0.015	+0.029	+0.024	+0.025	+0.055
4536	2.205	+0.005	+0.011	+0.020	+0.017	+0.018	+0.038
4435	2.255	+0.004	+0.009	+0.012	+0.014	+0.016	+0.027
4341	2.304	+0.003	+0.004	+0.006	+0.004	+0.008	+0.013
4253	2.351	0	0	0	0	0	0
4171	2.397	−0.003	−0.003	−0.009	−0.003	−0.008	−0.013
4093	2.443	−0.008	−0.009	−0.016	−0.009	−0.017	−0.028
4019	2.488	−0.013	−0.013	−0.026	−0.015	−0.027	−0.044
3949	2.532	−0.016					
3704	2.700	−0.199	−0.312	−	−0.357	−0.463	−0.425
3650	2.740	−0.203	−0.321	−0.465	−0.371	−0.479	−0.447
3598	2.779	−0.206	−0.332	−0.486	−0.390	−0.490	−0.460
3548	2.818	−0.211	−0.342	−0.500	−0.401	−0.501	−0.471
3501	2.856	−0.216	−0.351	−0.516	−0.415	−0.511	−0.484
3455	2.894	−0.220	−0.361	−0.530	−0.431	−0.522	−0.497
3412	2.931	−0.225	−0.374	−0.549	−0.446	−0.534	−0.511
3370	2.967	−0.231	−0.387	−0.562	−0.456	−0.545	−0.524
3338	2.996						
3328	3.005						
3312	3.019						
3299	3.031			−0.564	−0.463		
3279	3.050						
3269	3.059						
3248	3.079						
3239	3.087						
G_b		+0.145	+0.20	+0.36	+0.26	+0.38	+0.66
G_{uv}		+0.27	+0.60	+0.97	+0.86	+0.67	+0.79
ΔD		+0.173	+0.282	+0.393	+0.319	+0.406	+0.330

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	5012 A	5012 B	5103 A	5103 B C	6004 A	6004 B
	8 Mon		γ Gem		HD 57066	
Etoile de comparaison	S Mon	HD 47887	S Mon	HD 47887	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons	6	12	8	5	8	8
λ 1/λ						
6113 1.636	+0.184	+0.344	+0.052	+0.111	+0.167	+0.248
6019 1.661	+0.185	+0.339	+0.051	+0.107	+0.164	+0.242
5885 1.699	+0.185	+0.327	+0.045	+0.114	+0.158	+0.233
5679 1.761	+0.153	+0.286	+0.039	+0.101	+0.136	+0.201
5491 1.821	+0.133	+0.256	+0.035	+0.073	+0.128	+0.183
5319 1.880	+0.117	+0.227	+0.032	+0.064	+0.108	+0.162
5162 1.937	+0.104	+0.198	+0.027	+0.052	+0.093	+0.138
5017 1.993	+0.087	+0.177	+0.027	+0.038	+0.089	+0.128
4883 2.048	+0.074	+0.155	+0.019	+0.041	+0.078	+0.116
4758 2.102	+0.073	+0.135	+0.018	+0.044	+0.065	+0.094
4643 2.154	+0.065	+0.116	+0.016	+0.040	+0.063	+0.085
4536 2.205	+0.045	+0.091	+0.007	+0.030	+0.043	+0.064
4435 2.255	+0.025	+0.060	+0.006	+0.026	+0.029	+0.045
4341 2.304	+0.012	+0.027	+0.001	+0.013	+0.014	+0.022
4253 2.351	0	0	0	0	0	0
4171 2.397	-0.016	-0.025	-0.001	-0.014	-0.012	-0.019
4093 2.443	-0.032	-0.051	-0.006	-0.025	-0.025	-0.038
4019 2.488	-0.050	-0.076	-0.010	-0.034	-0.037	-0.054
3949 2.532			-0.015			
3704 2.700			-0.259	-0.421	-0.451	-0.397
3650 2.740	-0.555	-0.311	-0.268	-0.442	-0.472	-0.418
3598 2.779	-0.576		-0.280	-0.458	-0.487	
3548 2.818	-0.586		-0.287	-0.474	-0.497	
3501 2.856	-0.597		-0.295		-0.515	
3455 2.894	-0.612		-0.304		-0.522	
3412 2.931	-0.626		-0.312		-0.535	
3370 2.967	-0.639		-0.322		-0.549	
3338 2.996			-0.316			
3328 3.005			-0.323			
3312 3.019			-0.332			
3299 3031	-0.646	-0.438	-0.335		-0.586	-0.567
3279 3.050			-0.347			
3269 3.059			-0.337			
3248 3.079			-0.353			
3239 3.087			-0.349			
G_b	+0.765	+1.36	+0.16	+0.54	+0.64	+0.96
G_{uv}	-	+1.00	+0.53	-	+0.90	+1.17
ΔD	+0.424	+0.094	+0.234	+0.348	+0.356	+0.257

TABLEAU Ib

Etoile étudiée	ADS	A	B	7979 A	7979 B	8657 A	8657 B
		HD 63610		54 Leo		HD 110886	
Etoile de comparaison		HD 47887	HD 47887	S Mon	S Mon	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons		10	9	6	8	8	9
λ	$1/\lambda$						
6113	1.636	+0.181	+0.173	+0.095	+0.132	+0.254	+0.179
6019	1.661	+0.178	+0.167	+0.099	+0.133	+0.252	+0.180
5885	1.699	+0.179	+0.164	+0.102	+0.133	+0.243	+0.171
5679	1.761	+0.153	+0.140	+0.082	+0.108	+0.219	+0.151
5491	1.821	+0.135	+0.125	+0.072	+0.098	+0.195	+0.136
5319	1.880	+0.116	+0.102	+0.065	+0.087	+0.172	+0.121
5162	1.937	+0.104	+0.090	+0.053	+0.075	+0.150	+0.102
5017	1.993	+0.095	+0.082	+0.053	+0.075	+0.133	+0.090
4883	2.048	+0.077	+0.066	+0.040	+0.052	+0.120	+0.084
4758	2.102	+0.066	+0.059	+0.043	+0.052	+0.102	+0.072
4643	2.154	+0.058	+0.058	+0.029	+0.042	+0.082	+0.063
4536	2.205	+0.045	+0.042	+0.018	+0.031	+0.057	+0.041
4435	2.255	+0.029	+0.029	+0.014	+0.023	+0.042	+0.031
4341	2.304	+0.014	+0.014	+0.008	+0.011	+0.021	+0.016
4253	2.351	0	0	0	0	0	0
4171	2.397	-0.014	-0.015	-0.004	-0.010	-0.019	-0.013
4093	2.443	-0.029	-0.029	-0.009	-0.019	-0.037	-0.031
4019	2.488	-0.046	-0.046	-0.015	-0.031	-0.056	-0.048
3949	2.532						
3704	2.700	-0,476	-0.467	-0.519	-0.532		-0.447
3650	2.740	-0.496	-0.487	-0.534	-0.548	-0.447	-0.467
3598	2.779	-0.511	-0.502	-0.551	-0.568		-0.485
3548	2.818	-0.525	-0.517	-0.557	-0.580		-0.500
3501	2.856	-0.538	-0.532	-0.569	-0.597		
3455	2.894	-0.554	-0.549	-0.586	-0.615		
3412	2.931	-0.569	-0.565	-0.593	-0.627		
3370	2.967	-0.585	-0.583	-0.606	-0.643		
3338	2.996						
3328	3.005						
3312	3.019						
3299	3.031	-0.605	-0.604			-0.565	-0.576
3279	3.050						
3269	3.059						
3248	3.079						
3239	3.087						
G_b		+0.71	+0.69	+0.30	+0.495	+0.94	+0.77
G_{uv}		+0.87	+0.92	+0.77	+0.96	+0.94	+0.86
ΔD		+0.372	+0.365	+0.472	+0.458	+0.287	+0.335

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	8682 A HR 4893	8682 B HR 4892	9I73 A	9I73 B	I0635 A	I0635 B
			χ Boo		53 Oph	
Etoile de comparaison	S Mon	S Mon	S Mon	S Mon	I9 Lac	HD I4988I
Nombre de comparaisons	6	6	I2	I0	6	6
λ	$1/\lambda$					
6II3	I.636	+0.I30	+0.099	+0.229	+0.323	+0.096	+0.2I5
60I9	I.66I	+0.II9	+0.094	+0.222	+0.3I3	+0.090	+0.206
5885	I.699	+0.I20	+0.099	+0.220	+0.304	+0.089	+0.I98
5679	I.76I	+0.I09	+0.089	+0.202	+0.275	+0.073	+0.I76
549I	I.82I	+0.094	+0.076	+0.I66	+0.237	+0.067	+0.I57
53I9	I.880	+0.08I	+0.067	+0.I49	+0.207	+0.055	+0.I39
5I62	I.937	+0.076	+0.060	+0.I36	+0.I82	+0.046	+0.II3
50I7	I.993	+0.067	+0.057	+0.II8	+0.I55	+0.042	+0.I07
4883	2.048	+0.058	+0.047	+0.I09	+0.I52	+0.035	+0.083
4758	2.I02	+0.05I	+0.046	+0.096	+0.I30	+0.030	+0.074
4643	2.I54	+0.04I	+0.036	+0.086	+0.I07	+0.033	+0.070
4536	2.205	+0.029	+0.026	+0.060	+0.08I	+0.024	+0.055
4435	2.255	+0.02I	+0.0I8	+0.038	+0.055	+0.0I5	+0.040
434I	2.304	+0.009	+0.008	+0.0I8	+0.027	+0.008	+0.020
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	−0.007	−0.003	−0.0I6	−0.024	−0.008	−0.0I5
4093	2.443	−0.0I6	−0.0I4	−0.033	−0.048	−0.0I3	−0.036
40I9	2.488	−0.023	−0.022	−0.048	−0.070	−0.024	−0.056
3949	2.532						
3704	2.700					−0.537	−0.449
3650	2.740	−0.567	−0.5I0	−0.54I	−0.383	−0.549	−0.465
3598	2.779	−0.582	−0.533	−0.564		−0.557	−0.502
3548	2.8I8	−0.599	−0.545	−0.584		−0.565	
350I	2.856	−0.6II	−0.555	−0.599			
3455	2.894	−0.624	−0.566	−0.6I5			
34I2	2.93I	−0.643	−0.582	−0.63I			
3370	2.967	−0.659	−0.590	−0.643			
3338	2.996						
3328	3.005						
33I2	3.0I9						
3299	3.03I			−0.67I	−0.539		
3279	3.050						
3269	3.059						
3248	3.079						
3239	3.087						
G_b		+0.44	+0.39	+0.85	+I.23	+0.375	+0.90
G_{uv}		+0.90	+0.74	+I.06	+I.23	–	–
ΔD		+0.485	+0.433	+0.397	+0.I79	+0.478	+0.3I4

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	I0966 A	I0966 C	II593 A	II593 B	I2093 A	I2093 B
	67 Oph		HR 7033		HD I78849	
Etoile de comparaison	I0 Lac	HD 2I4263	I0 Lac	HD 2I4263	I0 Lac	HD I4988I
Nombre de comparaisons	6	8	6	6	6	6
λ $1/\lambda$						
6II3 I.636	+0.I62	+0.048	+0.055	+0.045	+0.0I8	+0.079
60I9 I.66I	+0.I50	+0.042	+0.049	+0.040	+0.0I8	+0.076
5885 I.699	+0.I40	+0.035	+0.045	+0.040	+0.020	+0.076
5679 I.76I	+0.I28	+0.032	+0.034	+0.034	+0.0I3	+0.06I
549I I.82I	+0.II9	+0.029	+0.038	+0.032	+0.0II	+0.049
53I9 I.880	+0.I02	+0.020	+0.032	+0.025	+0.004	+0.048
5I62 I.937	+0.088	+0.0II	+0.03I	+0.0I9	+0.002	+0.033
50I7 I.993	+0.074	+0.0I2	+0.027	+0.0I7	+0.007	+0.029
4883 2.048	+0.056	+0.00I	+0.0I7	+0.020	+0.003	+0.0I7
4758 2.I02	+0.046	+0.0I0	+0.0II	+0.0I2	+0.00I	+0.023
4643 2.I54	+0.044	+0.008	+0.020	+0.0I8	+0.008	+0.026
4536 2.205	+0.028	+0.008	+0.0I7	+0.0I4	+0.007	+0.0I6
4435 2.255	+0.0I7	+0.006	+0.0II	+0.009	+0.002	+0.0II
434I 2.304	+0.009	+0.003	+0.005	+0.004	−0.00I	+0.005
4253 2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I 2.397	−0.007	−0.007	−0.003	−0.006	+0.00I	−0.008
4093 2.443	−0.0I2	−0.0I0	−0.006	−0.0I3	−0.002	−0.0I6
40I9 2.488	−0.0I9	−0.0I7	−0.0I3	−0.024	−0.006	−0.027
3949 2.532	−0.025	−0.02I	−0.0I7	−0.043		
3704 2.700	−0.I76	−0.I07	−0.236	−0.296	−0.204	−0.528
3650 2.740	−0.I93	−0.III	−0.245	−0.304	−0.2I2	−0.549
3598 2.779	−0.204	−0.II2	−0.25I	−0.3I2	−0.2I9	−0.565
3548 2.8I8	−0.2I0	−0.II4	−0.253	−0.3I6	−0.2I8	−0.578
350I 2.856		−0.II8	−0.257	−0.327	−0.223	
3455 2.894			−0.260			
34I2 2.93I			−0.264			
3370 2.967			−0.268			
3338 2.996						
3328 3.005						
33I2 3.0I9						
3299 3.03I						
3279 3.050						
3269 3.059						
3248 3.079						
3239 3.087						
G_b	+0.38	+0.I9	+0.23	+0.22	+0.08	+0.33
G_{uv}	−	−	+0.27	−	−	−
ΔD	+0.I26	+0.074	+0.205	+0.26I	+0.I92	+0.475

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	I2I97 A	I2I97 B	I3870 A	I3870 B	I5I47 A	I5I47 B
	η Lyr		HD I95066		3 Peg	
Etoile de comparaison	I0 Lac	HD 2I4263	I0 Lac	HD I4988I	I0 Lac	HD 2I4263
Nombre de comparaisons						
λ	$1/\lambda$					
6II3	I.636	+0.025	+0.096	+0.073	+0.072	+0.072	+0.287
60I9	I.66I	+0.033	+0.087	+0.070	+0.07I	+0.074	+0.274
5885	I.699	+0.029	+0.074	+0.07I	+0.076	+0.073	+0.26I
5679	I.76I	+0.020	+0.060	+0.056	+0.060	+0.060	+0.230
549I	I.82I	+0.0I8	+0.056	+0.048	+0.047	+0.057	+0.2I0
53I9	I.880	+0.0I9	+0.045	+0.040	+0.042	+0.045	+0.I8I
5I62	I.937	+0.0I5	+0.034	+0.036	+0.035	+0.04I	+0.I62
50I7	I.993	+0.0I4	+0.032	+0.03I	+0.030	+0.038	+0.I45
4883	2.048	+0.007	+0.023	+0.022	+0.0I4	+0.026	+0.I24
4758	2.I02	+0.008	+0.039	+0.023	+0.0I4	+0.03I	+0.I2I
4643	2.I54	+0.0II	+0.032	+0.026	+0.027	+0.033	+0.096
4536	2.205	+0.005	+0.027	+0.0I7	+0.0I8	+0.020	+0.072
4435	2.255	+0.005	+0.020	+0.008	+0.0I5	+0.0II	+0.046
434I	2.304	+0.004	+0.007	+0.003	+0.008	+0.004	+0.0I9
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	-0.00I	-0.006	-0.004	-0.008	-0.004	-0.0I9
4093	2.443	-0.005	-0.0I3	-0.006	-0.0I9	-0.0I0	-0.040
40I9	2.488	-0.0I0	-0.0I8	-0.0I5	-0.03I	-0.0I8	-0.060
3949	2.532	-0.0I2					
3704	2.700	-0.I96	-0.384	-0.52I	-0.536	-0.5I0	-0.269
3650	2.740	-0.20I	-0.400	-0.539	-0.558	-0.523	-0.290
3598	2.779	-0.207	-0.4I5	-0.556	-0.573	-0.537	
3548	2.8I8	-0.2I2	-0.422		-0.589	-0.544	
350I	2.856	-0.2I5	-0.434		-0.6II	-0.55I	
3455	2.894	-0.222				-0.560	
34I2	2.93I	-0.226				-0.573	
3370	2.967	-0.232				-0.582	
3338	2.996	-0.230					
3328	3.005	-0.23I					
33I2	3.0I9	-0.239					
3299	3.03I	-0.240					
3279	3.050	-0.250					
3269	3.059	-0.234					
3248	3.079	-0.25I					
3239	3.087	-0.246					
G_b		+0.I2	+0.36	+0.265	+0.39	+0.30	+I.07
G_{uv}		+0.3I	-	-	-	+0.63	-
ΔD		+0.I78	+0.332	+0.48I	+0.475	+0.464	+0.I09

TABLEAU Ib

Etoile étudiée ADS	I648I A	I648I B	36I A	36I B
	HD 2I7943		HD 230I	
Etoile de comparaison	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons	6	6	6	6
λ / 1/λ				
6II3 I.636	+0.074	+0.II6	+0.083	+0.396
60I9 I.66I	+0.070	+0.I09	+0.079	+0.378
5885 I.699	+0.068	+0.099	+0.069	+0.353
5679 I.76I	+0.056	+0.078	+0.064	+0.3I4
549I I.82I	+0.049	+0.069	+0.05I	+0.292
53I9 I.880	+0.043	+0.055	+0.044	+0.254
5I62 I.937	+0.033	+0.05I	+0.03I	+0.2I6
50I7 I.993	+0.029	+0.045	+0.036	+0.2I3
4883 2.048	+0.023	+0.045	+0.039	+0.I9I
4758 2.I02	+0.0I7	+0.040	+0.025	+0.I70
4643 2.I54	+0.0I9	+0.039	+0.025	+0.I52
4536 2.205	+0.0I4	+0.03I	+0.0I8	+0.II7
4435 2.255	+0.009	+0.02I	+0.0I5	+0.079
434I 2.304	+0.005	+0.009	+0.007	+0.04I
4253 2.35I	0	0	0	0
4I7I 2.397	−0.004	−0.009	−0.006	−0.029
4093 2.443	−0.006	−0.0I8	−0.0II	−0.06I
40I9 2.488	−0.008	−0.026	−0.020	−0.033
3949 2.532	−0.0I5		−0.023	
3704 2.700	−0.067	−0.30I	−0.359	−0.269
3650 2.740	−0.074	−0.3I6	−0.370	−0.299
3598 2.779	−0.084	−0.335	−0.383	−0.323
3548 2.8I8	−0.086	−0.352		
350I 2.856	−0.093			
3455 2.894	−0.099			
34I2 2.93I	−0.I06			
3370 2.967	−0.II4			
3338 2.996	−0.III			
3328 3.005	−0.II8			
33I2 3.0I9	−0.I24			
3299 3.03I	−0.II4			
3279 3.050	−0.I2I			
3269 3.059	−0.I23			
3248 3.079	−0.II7			
3239 3.087	−0.II6			
G_b	+0.20	+0.45	+0.30	+I.70
G_{uv}	+0.36	−	−	−
ΔD	+0.44	+0.232	+0.3I4	+0.0I9

TABLEAU Ic

Etoile étudiée ADS	I9I A	I9I B	683 A	683 B	903 A	903 B
	35 Psc		65 Psc		77 Psc	
Etoile de comparaison	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons	8	9	6	6	9	I2
λ	$1/\lambda$					
6II3	I.636	+0.229	+0.303	+0.290	+0.262	+0.292	+0.352
60I9	I.66I	+0.225	+0.298	+0.29I	+0.259	+0.277	+0.339
5885	I.699	+0.229	+0.285	+0.285	+0.254	+0.272	+0.323
5679	I.76I	+0.I95	+0.247	+0.246	+0.22I	+0.250	+0.303
549I	I.82I	+0.I70	+0.230	+0.2I9	+0.I89	+0.2I3	+0.260
53I9	I.880	+0.I55	+0.203	+0.I94	+0.I68	+0.I87	+0.228
5I62	I.937	+0.I37	+0.I77	+0.I70	+0.I47	+0.I65	+0.202
50I7	I.993	+0.II2	+0.I65	+0.I47	+0.I23	+0.I43	+0.I78
4883	2.048	+0.I0I	+0.I45	+0.I34	+0.II9	+0.I35	+0.I63
4758	2.I02	+0.098	+0.I30	+0.II7	+0.III	+0.II3	+0.I4I
4643	2.I54	+0.082	+0.I09	+0.I05	+0.097	+0.097	+0.I2I
4536	2.205	+0.06I	+0.086	+0.084	+0.076	+0.076	+0.096
4435	2.255	+0.040	+0.055	+0.059	+0.05I	+0.05I	+0.064
434I	2.304	+0.020	+0.027	+0.029	+0.026	+0.026	+0.032
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	−0.0I9	−0.023	−0.026	−0.02I	−0.02I	−0.026
4093	2.443	−0.039	−0.046	−0.052	−0.043	−0.042	−0.05I
40I9	2.488	−0.057	−0.070	−0.077	−0.063	−0.064	−0.075
3949	2.532						
3650	2.740	−0.353	−0.265	−0.324	−0.357	−0.270	−0.I39
3299	3.03I	−0.470	−0.439	−0.444	−0.484	−0.408	−0.390
G_b		+0.96	+I.27	+I.30	+I.I2	+I.I4	+I.39
G_{uv}		+0.9I	+I.38	+0.94	+I.00	+I.09	+I.20
ΔD		+0.I92	+0.063	+0.II2	+0.I72	+0.082	+0.0I5

TABLEAU Ic

Etoile étudiée	ADS	996 A	996 B	1563 A	1563 B	1763 A	1763 B
		ζ Psc		λ Ari		HD 21389	
Etoile de comparaison		I Per	I Per	I Per	I Per	I Per	I Per
Nombre de comparaisons		10	10	11	12	6	7
λ	1/λ						
6113	1.636	+0.196	+0.369	+0.218	+0.388	+0.289	+0.291
6019	1.661	+0.195	+0.364	+0.216	+0.377	+0.288	+0.282
5885	1.699	+0.194	+0.349	+0.213	+0.360	+0.276	+0.264
5679	1.761	+0.167	+0.306	+0.189	+0.322	+0.245	+0.231
5491	1.821	+0.147	+0.272	+0.166	+0.289	+0.216	+0.207
5319	1.880	+0.127	+0.240	+0.147	+0.258	+0.198	+0.183
5162	1.937	+0.114	+0.210	+0.133	+0.229	+0.171	+0.159
5017	1.993	+0.097	+0.183	+0.113	+0.205	+0.147	+0.132
4883	2.048	+0.087	+0.172	+0.095	+0.184	+0.141	+0.124
4758	2.102	+0.085	+0.154	+0.093	+0.163	+0.118	+0.112
4643	2.154	+0.075	+0.128	+0.081	+0.133	+0.095	+0.091
4536	2.205	+0.056	+0.105	+0.058	+0.109	+0.074	+0.072
4435	2.255	+0.037	+0.070	+0.039	+0.072	+0.049	+0.048
4341	2.304	+0.018	+0.033	+0.019	+0.034	+0.022	+0.024
4253	2.351	0	0	0	0	0	0
4171	2.397	−0.016	−0.026	−0.018	−0.032	−0.022	−0.024
4093	2.443	−0.031	−0.055	−0.034	−0.061	−0.043	−0.048
4019	2.488	−0.050	−0.080	−0.049	−0.090	−0.068	−0.073
3650	2.740	−0.375	−0.259	−0.380	−0.236	−0.247	−0.271
3299	3.031	−0.494	−0.400	−0.477	−0.426	−0.396	−0.435
G_b		+0.86	+1.48	+0.875	+1.41	+1.14	+1.15
G_{uv}		+0.94	+1.11	+0.77	+1.51	+1.17	+1.28
ΔD		+0.232	+0.022	+0.238	−0.028	+0.055	+0.074

TABLEAU Ic

Etoile étudiée ADS	3243 A	3243 B	4849 A	4849 B	5I66 A	5I66 B
	HR I406		HR 22I7		20 Gem	
Etoile de comparaison	I Per	I Per	HD 47887	HD 47887	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons	I0	9	6	6	7	7
λ $1/\lambda$						
6II3 I.636	+0.375	+0.322	+0.333	+0.3I2	+0.39I	+0.306
60I9 I.66I	+0.367	+0.3I5	+0.330	+0.3I0	+0.380	+0.300
5885 I.699	+0.35I	+0.295	+0.32I	+0.304	+0.368	+0.297
5679 I.76I	+0.3I3	+0.259	+0.284	+0.269	+0.335	+0.269
549I I.82I	+0.280	+0.235	+0.247	+0.234	+0.294	+0.233
53I9 I.880	+0.250	+0.2I0	+0.220	+0.209	+0.259	+0.202
5I62 I.937	+0.22I	+0.I83	+0.I97	+0.I85	+0.235	+0.I86
50I7 I.993	+0.I94	+0.I59	+0.I76	+0.I64	+0.203	+0.I58
4883 2.048	+0.I75	+0.I39	+0.I50	+0.I38	+0.I8I	+0.I34
4758 2.I02	+0.I48	+0.I26	+0.I30	+0.I25	+0.I50	+0.II3
4643 2.I54	+0.I24	+0.II0	+0.III	+0.I08	+0.I25	+0.097
4536 2.205	+0.I02	+0.088	+0.084	+0.079	+0.I00	+0.078
4435 2.255	+0.068	+0.059	+0.057	+0.054	+0.067	+0.054
434I 2.304	+0.033	+0.027	+0.026	+0.025	+0.033	+0.027
4253 2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I 2.397	-0.029	-0.025	-0.023	-0.023	-0.029	-0.024
4093 2.443	-0.059	-0.05I	-0.046	-0.045	-0.057	-0.048
40I9 2.488	-0.089	-0.077	-0.072	-0.070	-0.087	-0.072
3650 2.740	-0.270	-0.273	-0.330	-0.325	-0.326	-0.346
3299 3.03I	-0.4I8	-0.4I4	-0.477	-0.474	-0.48I	-0.495
G_b	+I.54	+I.33	+I.27	+I.20	+I.53	+I.22
G_{uv}	+I.I7	+I.I2	+I.I7	+I.I7	+I.22	+I.I7
ΔD	+0.0I9	+0.055	+0.I20	+0.I25	+0.077	+0.I4I

TABLEAU Ic

Etoile étudiée ADS	6028 A B	6028 C	7342 A	7342 B	7438 A	7438 B
	HD 57044		HD 81029		HD 82780	
Etoile de comparaison	HD 77770	HD 77770	HD 47387	HD 47387	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons	10	10	8	8		
λ	$1/\lambda$					
6113	1.636	+0.264	+0.251	+0.273	+0.315	+0.303	+0.347
6019	1.661	+0.261	+0.245	+0.272	+0.308	+0.296	+0.337
5885	1.699	+0.249	+0.235	+0.260	+0.291	+0.285	+0.325
5679	1.761	+0.217	+0.206	+0.231	+0.259	+0.257	+0.292
5491	1.821	+0.197	+0.182	+0.203	+0.226	+0.226	+0.255
5319	1.880	+0.176	+0.166	+0.179	+0.199	+0.197	+0.222
5162	1.937	+0.157	+0.149	+0.161	+0.170	+0.178	+0.196
5017	1.993	+0.142	+0.136	+0.138	+0.151	+0.156	+0.168
4883	2.048	+0.126	+0.115	+0.124	+0.135	+0.136	+0.153
4758	2.102	+0.109	+0.103	+0.108	+0.115	+0.121	+0.135
4643	2.154	+0.091	+0.088	+0.092	+0.100	+0.098	+0.116
4536	2.205	+0.070	+0.064	+0.071	+0.075	+0.075	+0.097
4435	2.255	+0.048	+0.041	+0.049	+0.052	+0.050	+0.067
4341	2.304	+0.022	+0.018	+0.025	+0.025	+0.023	+0.031
4253	2.351	0	0	0	0	0	0
4171	2.397	-0.019	-0.016	-0.023	-0.026	-0.022	-0.026
4093	2.443	-0.037	-0.030	-0.046	-0.051	-0.043	-0.051
4019	2.488	-0.057	-0.049	-0.067	-0.077	-0.063	-0.074
3650	2.740	-0.298	-0.310	-0.406	-0.341	-0.341	-0.312
3299	3.031	-0.411	-0.417	-0.530	-0.471	-0.473	-0.450
G_b		+1.04	+0.92	+1.11	+1.23	+1.13	+1.38
G_{uv}		+0.90	+0.85	+0.98	+1.03	+1.04	+1.10
ΔD		+0.133	+0.162	+0.220	+0.136	+0.154	+0.092

TABLEAU Ic

Etoile étudiée ADS		7705 A	7705 B	8I9I A	8I9I B	8257 A	8257 B
		HR 402I		HD I00054			
Etoile de comparaison		S Mon	HD 77770	HD 77770	HD 77770	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons		6	6	8	8	8	8
λ	$1/\lambda$						
6II3	I.636	+0.270	+0.23I	+0.222	+0.I37	+0.306	+0.25I
60I9	I.66I	+0.268	+0.232	+0.2I6	+0.I34	+0.304	+0.246
5885	I.699	+0.256	+0.230	+0.2I3	+0.I32	+0.298	+0.242
5679	I.76I	+0.222	+0.I98	+0.I88	+0.II8	+0.260	+0.2I7
549I	I.82I	+0.204	+0.I80	+0.I66	+0.099	+0.227	+0.I82
53I9	I.880	+0.I75	+0.I58	+0.I42	+0.084	+0.I99	+0.I59
5I62	I.937	+0.I54	+0.I36	+0.I27	+0.076	+0.I78	+0.I4I
50I7	I.993	+0.I40	+0.I33	+0.I2I	+0.074	+0.I59	+0.II9
4883	2.048	+0.I28	+0.I28	+0.096	+0.052	+0.I44	+0.I04
4758	2.I02	+0.II9	+0.II2	+0.094	+0.056	+0.I3I	+0.096
4643	2.I54	+0.094	+0.089	+0.07I	+0.05I	+0.I07	+0.089
4536	2.205	+0.079	+0.07I	+0.05I	+0.032	+0.080	+0.067
4435	2.255	+0.053	+0.055	+0.033	+0.022	+0.052	+0.044
434I	2.304	+0.024	+0.025	+0.0I6	+0.0I0	+0.025	+0.020
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4I7I	2.397	−0.025	−0.0I9	−0.0I4	−0.0I2	−0.025	−0.02I
4093	2.443	−0.050	−0.04I	−0.028	−0.022	−0.052	−0.043
40I9	2.488	−0.074	−0.063	−0.044	−0.034	−0.075	−0.066
3949	2.532						
3704	2.700			−0.369	−0.39I		
3650	2.740	−0.5I2	−0.344	−0.387	−0.407	−0.42I	−0.394
3299	3.03I	−0.682	−0.449	−0.497	−0.493	−0.57I	−0.649
G_b		+I.23	+I.07	+0.77	+0.56	+I.26	+I.07
G_{uv}		+I.35	+0.84	+0.88	+0.69	+I.I9	+I.23
ΔD		+0.300	+0.I67	+0.257	+0.308	+0.209	+0.209

TABLEAU Ic

Etoile étudiée	ADS	8406 A	8406 B	8494 A	8494 B	8690 A	8690 B
		2 Com		HD 106798		HD 111844	
Etoile de comparaison		HD 77770	HD 77770	HD 77770	HD 77770	HD 47887	HD 47887
Nombre de comparaisons		9	7	6	9	4	4
λ	$1/\lambda$						
6113	I.636	+0.I96	+0.233	+0.267	+0.323	+0.245	+0.[illegible]
6010	I.66I	+0.I90	+0.229	+0.263	+0.3I2	+0.242	+0.37I
5885	I.699	+0.I94	+0.233	+0.254	+0.299	+0.237	+0.36I
5679	I.76I	+0.I73	+0.I98	+0.228	+0.262	+0.2II	+0.330
5491	I.82I	+0.I52	+0.I77	+0.200	+0.240	+0.I79	+0.276
5310	I.880	+0.I38	+0.I53	+0.I75	+0.2II	+0.I56	+0.247
5162	I.937	+0.I20	+0.I29	+0.I56	+0.I87	+0.I43	+0.227
5017	I.993	+0.II0	+0.II5	+0.I40	+0.I66	+0.II6	+0.I86
4883	2.048	+0.097	+0.I00	+0.II5	+0.I40	+0.I04	+0.I67
4758	2.I02	+0.086	+0.095	+0.II0	+0.I30	+0.095	+0.I44
4643	2.I54	+0.073	+0.078	+0.087	+0.I08	+0.086	+0.I27
4536	2.205	+0.053	+0.052	+0.069	+0.083	+0.072	+0.I06
4435	2.255	+0.032	+0.032	+0.045	+0.055	+0.050	+0.069
4341	2.304	+0.0I6	+0.0I6	+0.020	+0.027	+0.024	+0.034
4253	2.35I	0	0	0	0	0	0
4171	2.397	−0.0I6	−0.0I7	−0.020	−0.026	−0.022	−0.030
4093	2.443	−0.032	−0.032	−0.037	−0.047	−0.047	−0.063
4019	2.488	−0.05I	−0.052	−0.054	−0.069	−0.069	−0.094
3949	2.532						
3650	2.740	−0.375	−0.342	−0.300	−0.240	−0.420	−0.3I8
3290	3.03I	−0.478	−0.490	−0.398	−0.359	−0.565	−0.487
G_b		+0.83	+0.83	+I.0I	+I.24	+I.I5	+I.63
G_{uv}		+0.82	+I.I6	+0.77	+0.93	+I.I5	+I.43
ΔD		+0.235	+0.I96	+0.I38	+0.040	+0.225	+0.039

TABLEAU II

1/λ	HD 11241 I Per	HD 24760 ε Per	HD 47887	HD 77770	HD 149881	HD 214263	HD 2140 I0 Lac
I.636	+0.026	+0.009	+0.0I6	+0.009	+0.055	+0.05I	+0.0I9
I.66I	+0.026	+0.008	+0.0I3	+0.006	+0.053	+0.049	+0.020
I.699	+0.026	+0.008	+0.0I0	+0.006	+0.048	+0.046	+0.0I8
I.76I	+0.022	+0.008	+0.005	+0.002	+0.040	+0.035	+0.0I7
.I82I	+0.022	+0.006	+0.009	+0.002	+0.043	+0.038	+0.0I5
I.880	+0.0I7	+0.005	+0.006	−0.00I	+0.035	+0.034	+0.0I3
I.937	+0.0I2	+0.004	+0.004	−0.005	+0.027	+0.025	+0.0I0
I.993	+0.0I2	+0.004	+0.002	−0.005	+0.025	+0.020	+0.007
2.048	+0.0I0	+0.003	+0.008	+0.002	+0.025	+0.0I4	+0.007
2.I02	+0.009	+0.002	+0.007	−0.002	+0.024	+0.0I6	+0.007
2.I54	+0.008	−0.003	+0.005	−0.002	+0.0I2	+0.0I2	+0.003
2.205	+0.006	+0.00I	+0.004	−0.002	+0.0II	+0.0I0	+0.003
2.255	+0.004	0	+0.00I	−0.00I	+0.006	+0.007	+0.003
2.304	+0.00I	0	+0.00I	+0.00I	+0.002	+0.004	+0.002
2.35I	0	0	0	0	0	0	0
2.397	−0.00I	0	0	−0.00I	−0.002	−0.003	0
2.443	−0.004	−0.002	−0.00I	−0.003	−0.004	−0.006	−0.00I
2.488	−0.007	−0.00I	−0.002	−0.003	−0.005	−0.009	−0.002
2.532			−0.002				
2.700	−0.III	−0.037	−0.046	−0.I36	60.05I	−0.I34	−0.0I3
2.740	−0.II6	−0.040	−0.048	−0.I40	−0.056	−0.I39	−0.0I4
2.779	−0.I20	−0.042	−0.050	−0.I42	−0.059	−0.I44	−0.0I4
2.8I8	−0.I24	−0.045	−0.052	−0.I45	−0.062	−0.I99	−0.0I5
2.856	−0.I28	−0.046	−0.054	−0.I49	−0.065	−0.I54	−0.0I6
2.894	−0.I3I	−0.049	−0.057	−0.I52	−0.065	−0.I59	−0.0I8
2.93I	−0.I34	−0.05I	−0.059	−0.I54	−0.070	−0.I65	−0.0I9
2.967	−0.I37	−0.053	−0.06I	−0.I57	−0.07I	−0.I68	−0.020
2.996	−0.I33	−0.05I	−0.056	−0.I53	−0.073	−0.I60	−0.028
3.005	−0.I39	−0.060	−0.059	−0.I54	−0.077	−0.I7I	−0.022
3.0I9	−0.I34	−0.052	−0.06I	−0.I6I	−0.072	−0.I72	−0.023
3.03I	−0.I47	−0.062	−0.065	−0.I60	−0.077	−0.I74	−0.0I9
3.050	−0.I52	−0.055	−0.066	−0.I7I	−0.08I	−0.082	−0.024
3.059	−0.I38	−0.054	−0.059	−0.I56	−0.080	−0.I78	−0.024
3.079	−0.I53	−0.056	−0.069	−0.I73	−0.092	−0.I90	−0.027
3.087	−0.I50	−0.058	−0.056	−0.I60	−0.088	−0.I86	−0.025
3.I06	−0.I5I	−0.056	−0.063	−0.I80	−0.085	−0.I84	−0.026
3.II0	−0.I50	−0.063	−0.065	−0.I67	−0.084	−0.I90	−0.029
3.I25	−0.I32	−0.042	−0.047	−0.I48		−0.I65	−0.03I
3.I35	−0.I52	−0.065	−0.069	−0.I70		−0.I92	−0.028
3.I49	−0.I53	−0.064	−0.069	−0.I77		−0.I99	−0.030
3.I58	−0.I52	−0.066	−0.059	−0.I70		−0.I94	−0.030
3.I7I	−0.I52	−0.065	−0.058	−0.I84		−0.204	−0.03I
3.I74	−0.I53	−0.065	−0.05I	−0.I73		−0.I93	−0.029
3.I90	−0.I52	−0.063	−0.065	−0.I82		−0.202	−0.034
3.I96	−0.I54	−0.067	−0.066	−0.I80		−0.204	−0.033
	+0.09	+0.03	+0.03	+0.0I	+0.I4	+0.I6	+0.05
	+0.2I	+0.I3	+0.I0	+0.I8	+0.I3	+0.3I	+0.08
	+0.099	+0.033	+0.042	+0.I32	+0.032	+0.II3	+0.006

TABLEAU III

ADS		Nom, HR ou HD	M_v	d	Φ_b	Φ_{uv}	D	λ_I-3700	type MK
I9I	A	35 Psc	6.I	I2"	I.78 (8)	I.68 (8)	0.335 (8)	65 (I0)	F0 IV
	B		7.8		2.09 (9)	2.I3 (3)	0.I95 (9)	68 (9)	F3-5 V
36I	A	HD 230I	6.9	I7"	I.I2 (6)	-	0.455 (6)	45 (6)	B9 IV
	B		8.7		2.52 (6)	-	0.I60 (6)	(55)(6)	F6-7 IV
5I3	A	π And	4.5	36"	0.9I (6)	0.80 (6)	0.265 (6)	49 (6)	B5 IV
	B		8.8		I.5I (6)	-	0.440 (6)	74 (6)	A5-6 V
683	A	65 Psc	6.3	4"	2.I2 (6)	I.69 (6)	0.255 (6)	46 (6)	F5-6 III
	B		6.3		I.94 (6)	I.75 (6)	0.3I5 (6)	59 (6)	FI-2 IV
899	A	ψ_1 Psc	5.6	29"	I.I2 (7)	I.53 (7)	0.480 (7)	67 (8)	AI-2 V
	B		5.9		I.02 (7)	I.34 (7)	0.450 (7)	65 (8)	B9-A0 V
903	A	77 Psc	6.8	33"	I.96 (9)	I.84 (9)	0.225 (9)	58 (I0)	F3-5 IV
	B		7.6		2.2I (I2)	I.95 (I2)	0.I55 (I2)	62 (I3)	F6-7 V
988	A	HD 72I5	6.8	20"	I.08 (6)	I.58 (6)	0.485 (6)	66 (6)	AI-2 V
	B		8.2		I.45 (6)	I.76 (6)	0.450 (6)	7I (6)	A5-6 V
996	A	ζ Psc	5.6	24"	I.68 (I0)	I.69 (I0)	0.375 (I0)	66 (I2)	A9-F0 IV-V
	B		6.6		2.30 (I0)	I.86 (I0)	0.I65 (I0)	66 (II)	F5-6 V
I073	A	φ Cas	5.4	I34"	2.I9 (6)	2.43 (6)	0.540 (6)	04 (6)	F0 Ia
	C		7.5	(Φ_{rb})	I.7I (6)	I.76 (6)	0.I65 (6)	I8 (6)	B5-6 Ib
I477	A	α UMi	2.I	I8"	2.50 (I0)	2.II (4)	0.260 (I0)	I8 (I0)	Cep.
	B		8.5		2.I2 (6)	-	0.25 (6)	6I (6)	F2-3 IV
I563	A	λ Ari	4.9	37"	I.69 (I0)	I.52 (I0)	0.380 (I0)	65 (I0)	A9-F0 IV
	B		7.5		2.43 (I2)	2.26 (6)	0.II5 (I2)	65 (II)	F7-8 V
I683	A	59 And	6.I	I7"	0.95 (7)	I.24 (7)	0.450 (7)	57 (8)	B9 IV
	B		6.7		I.I6 (7)	I.60 (7)	0.500 (7)	68 (8)	A2-3 V
I763	A	HD I4I89	7.5	II"	I.96 (6)	I.92 (6)	0.I95 (6)	56 (6)	F5-6 IV
	B		8.5		I.97 (7)	2.03 (7)	0.2I5 (7)	63 (7)	F3-5 V
2270	A	HR 890	5.4	I2"	I.04 (6)	I.07 (6)	0.295 (6)	54 (6)	B6 IV-V
	B	HR 89I	6.8		I.09 (6)	I.26 (6)	0.445 (6)	58 (6)	B9 IV-V
2592	A	HR I068	6.5	20"	I.34 (8)	I.58 (8)	0.480 (8)	69 (I0)	A3-5 V
	B		8.0		2.0I (9)	I.78 (9)	0.235 (9)	66 (9)	F2-3 V
2843	A	ζ Per	2.9	I3"	I.25 (20)		0.06 (20)	33 (20)	BI Ib
	B		9.4	90"	(I.37)(3)	-	(0.32) (3)	65 (3)	B7-8 V
	E		I0		I.57 (8)	-	0.52 (2)	76 (8)	A2 V
2888	A	ε Per	3.0	9"	0.76 (40)	0.67 (40)	0.075 (40)	50 (57)	B0 III
	B		8.I		(I.20)(2)	-	-	(7I)(2)	A
3I6I	A	χ Tau	5.5	20"	I.0I (6)	I.I4 (6)	0.455 (6)	59 (6)	B9 IV-V
	B		8.3		2.63 (6)	-	0.I00 (6)	70 (8)	F8-G0 V
3I79	A	62 Tau	6.4	29"	I.45 (6)	I.37 (6)	0.235 (6)	45 (6)	B4-5 IV
	B		8.2		I.75 (6)	-	0.465	69 (6)	A0-I V

TABLEAU III

ADS		Nom, HR ou HD	M_v	d	Φ_b	Φ_{uv}	D	λ_I-3700	type MK	
3243	A	HR I406	6.5	I5"	2.36 (I0)	I.93 (I0)	0.I60 (I0)	46 (I0)	F8 III-IV	
	B		8.3		2.I5 (9)	I.87 (9)	0.I95 (9)	58 (9)	F5-6 IV	
3273	A	HR I424	6.8	9"	I.I0 (4)	-	0.25 (4)	4I (4)	B5 III-IV	
	B		7.3		I.I6 (4)	-	0.32 (4)	53 (4)	B7-8 IV-V	
3274	A	I Cam	5.9	I0"	(Φ_{rb})I.43(6)	I.I5 (6)	0.05I (6)	48 (5)	B0 III	
	B		6.9		(Φ_{rb})I.4I(6)	I.23 (6)	0.080 (6)	57 (5)	B0 IV-V	
-	A	94 τ Tau	4.3	63"	0.86 (I4)	0.87 (I4)	0.255 (I4)	60 (I6)	B5-6 V	I4
	B		7.3		I.I6 (8)	I.57 (8)	0.495 (8)	74 (I0)	A2-3 V	
3579	A	HR I600	6.0	39"	I.23 (4)	I.3I (4)	0.340 (4)	36 (6)	B7-8 III	
	B		8.0		I.I9 (4)	I.39 (4)	0.325 (4)	50 (6)	B6-7 IV	
3623	A	HR I6I9	6.5	I4"	I.00 (6)	I.04 (6)	0.270 (6)	58 (6)	B5-6 V	
	BC		7.8		I.48 (6)	-	0.440 (6)	7I (6)	A5-6 V	I5
3824	A	I4 Aur	5.2	I5"	I.53 (6)	I.58 (6)	0.430 (6)	52 (6)	A9-F0 III	I6
	C		8.I		2.09 (I4)	I.9I (8)	0.I85 (I4)	63 (I4)	F3-5 V	
3962	A	23 Ori	5.I	32"	0.84 (I8)	0.72 (I8)	0.I05 (I8)	59 (20)	BI V	
	B		7.2		0.89 (I7)	0.89 (I7)	0.2I5 (I7)	58 (I8)	B3 V	
4I34	A	δ Ori	2.5	53"	0.68 (I8)	0.54 (I8)	0.050 (I8)	53 (I2)	09.5 II	I7
	C		7.0		0.85 (6)	0.88 (6)	0.I80 (6)	62 (6)	B3 V	
4I82	A	HD 36960	4.7	36"	0.72 (39)	0.58 (39)	0.070 (39)	55 (39)	B0 IV	
	B	HD 36959	5.7		0.72 (I0)	0.65 (I0)	0.II5 (I0)	62 (I0)	BI V	
4I93	A	ι Ori	2.9	II"	0.70 (I2)	0.52 (I2)	0.035 (I2)	59 (I2)	09 III	I8
	B		7.4		0.77 (4)	-	0.I60 (4)	60 (4)	B3 V	
	C		I0	50"	I.20 (3)		0.50 (2)	76 (3)	A2 V	I9
424I	AB	σ Ori	3.8	I3"	0.70 (I2)	0.52 (I2)	0.055 (I2)	68 (I2)	09 V	20
	D		6.9		0.85 (4)	-	0.I35 (4)	58 (4)	B2 V	
	E	HR I932	6.7	42"	0.86 (2)	-	0.085 (2)	63 (2)	BI Vp	2I
4262	A	HR I945	6.8	26"	0.96 (8)	I.02 (8)	0.3I5 (8)	60 (8)	B6-7 V	
	B		7.4		I.02 (6)	I.35 (6)	0.425 (6)	65 (6)	B9 V	
4749	A	HR 2I74	5.9	29"	I.I8 (6)	I.72 (6)	0.535 (6)	46 (6)	A0-I III-IV	
	B		7.I		I.08 (6)	I.6I (6)	0.460 (6)	64 (7)	A0 V	
4773	A	4I Aur	6.I	8"	I.I4 (I0)	I.3I (I0)	0.490 (I0)	73 (I0)	A2-3 V	
	B		6.9		I.42 (I0)	I.43 (I0)	0.4I5 (I0)	72 (9)	A5-7 V	
4849	A	HR 22I7	6.9	II"	2.03 (6)	I.8I (6)	0.205 (6)	55 (6)	F5-6 IV	2I
	B		7.5		I.96 (6)	I.8I (6)	0.2I0 (6)	63 (6)	F3-5 V	
50I2	A	8 Mon	4.5	I3"	I.50 (6)	-	0.465 (6)	66 (6)	A5-6 IV	
	B		6.7		2.I2 (I2)	I.64 (I2)	0.I80 (I2)	62 (I2)	F5-6 V	
5I03	A	γ Gem	4.I	II3"	0.89 (8)	I.07 (8)	0.275 (8)	44 (8)	B5-6 IV	2I
	BC		7.9		I.30 (5)	-	0.430 (5)	72 (7)	A2 V	22
5I66	A	20 Gem	7.2	20"	2.29 (7)	I.86 (7)	0.I60 (7)	4I (7)	F8 III	23
	B		7.8		I.98 (7)	I.8I (7)	0.225 (7)	54 (7)	F5-6 IV	
5322	A	S Mon	4.7	75"	0.73	0.54	0.042	60 (≈I00)	07	
	E	W I09	9.I	I56"	I.00 (6)		0.27 (6)	58 (8)	B5-6 V	27
	F	W I37	9.9		0.96 (4)		0.365 (4)	60 (4)	B7-8 V	28

TABLEAU III

ADS		Nom, HR ou HD	M_v	d	Φ_b	Φ_{uv}	D	λ_I-3700	type MK	
334	AB	W 215	9.3	97"	I.34 (2)		0.425 (2)	63 (2)	B9 V	25
	C	HD 4796I	7.5		0.82 (I6)	0.79 (I6)	0.I8 (I6)	62 (I6)	B3 V	
0I2	A	I9 Lyn	5.6	I5"	0.92 (4)	I.06 (4)	0.350 (4)	52 (4)	B7-8 IV	26
	B		6.6		I.09 (4)	I.49 (4)	0.430 (4)	54 (4)	B9 IV	
004	A	20 Lyn	7.3	I5"	I.40 (8)	I.54 (4)	0.440 (8)	68 (8)	A5-6 V	
	B		7.5		I.72 (8)	I.8I (4)	0.335 (8)	69 (8)	F0 V	
028	AB	HD 57044	7.0	32"	I.78 (I0)	I.62 (6)	0.305 (I0)	60 (I0)	FI-2 IV	
	C		7.4		I.66 (I0)	I.57 (6)	0.335 (I0)	63 (I0)	F0-I IV	
-	A	HD 636I0	6.9	77"	I.47 (I0)	I.54 (I0)	0.46 (I0)	58 (I0)	A6-7 III-IV	
	B		7.8		I.45 (9)	I.59 (9)	0.455 (9)	65 (9)	A5-6 IV	
588	A	HR 3I74	6.2	3I"	I.05 (4)	I.40 (4)	0.460 (4)	50 (4)	B9 IV	
	B	HR 3I74	7.9		I.02 (4)	I.48 (4)	0.480 (4)	56 (4)	B9-A0 IV	27
342	A	HD 8I029	7.3	2I"	I.87 (8)	I.62 (8)	0.305 (8)	58 (8)	FI-2 IV	
	B		8.2		I.99 (8)	I.67 (8)	0.220 (8)	63 (8)	F3-5 V	
7354	A	2I UMa	7.7	6"	I.38 (2)	I.90 (2)	0.480 (2)	6I (2)	A5-6 IV	
	B		8.7		I.76 (2)	2.04 (2)	0.400 (2)	70 (2)	A7-F0 V	
7438	A	HD 82780	6.8	25"	I.89 (I0)	I.68 (I0)	0.240 (I0)	65 (I0)	F2-3 V	
	B		8.2		2.I4 (9)	I.74 (9)	0.I75 (9)	65 (9)	F5-6 V	
7705	A	HR 402I	6.6	I7"	I.96 (6)	I.89 (6)	0.340 (6)	63 (6)	Am	28
	B		7.3		I.8I (6)	I.56 (6)	0.340 (6)	66 (6)	Am ou F0 IV-V	
7979	A	54 Leo	4.5	6"	I.03 (6)	I.3I (4)	0.5I5 (4)	53 (6)	A0-I IV	
	B		6.4		I.23 (8)	I.50 (6)	0.500 (6)	68 (8)	A2-3 V	
091	A	HD I00054	7.2	I2"	I.5I (8)	I.60 (8)	0.430 (8)	58 (8)	A7-9 III-IV	
	B		8.0		I.30 (8)	I.4I (8)	0.480 (8)	69 (8)	A3-4 V	
8237	A		7.I	22"	2.02 (8)	I.83 (2)	0.295 (8)	55 (6)	F2-3 IV	2
	B		8.5		I.83 (8)	I.97 (2)	0.295 (8)	62 (6)	FI-2 IV	
8347	AB	65 UMa	6.5	63"	I.20 (4)	-	0.490 (4)	67 (4)	AI-2 V	30
	C		6.9		I.I8 (4)	-	0.470 (4)	64 (4)	A0-I V	
8406	A	2 Com	6.0	4"	I.57 (9)	I.54 (9)	0.4I0 (9)	60 (9)	A7-9 IV	3
	B		7.4		I.57 (7)	I.88 (7)	0.370 (7)	65 (7)	F0 IV	
8494	A	HD I06798	7.3	I4"	I.75 (6)	I.49 (6)	0.3I0 (6)	6I (6)	FI-2 IV	
	B		7.8		I.98 (9)	I.65 (9)	0.2I5 (9)	65 (9)	F3-5 V	
8568	A	I7 Com	5.4	I45"	0.96 (4)	I.29 (4)	0.43 (4)	63 (4)	Am	3
	B		6.8		I.60 (4)	I.58 (4)	0.39 (4)	68 (4)	A7-9 V	
8637	A	HD II0886	6.8	I6"	I.70 (8)	I.58 (8)	0.370 (8)	59 (I0)	F0 IV	
	B		7.6		I.53 (9)	I.50 (9)	0.420 (9)	68 (II)	A7 V	
8682	A	HR 4893	5.3	22"	I.I7 (6)	I.44 (4)	0.520 (4)	47 (6)	A0-I III-IV	3
	B	HR 4892	5.8		I.I2 (6)	I.28 (4)	0.475 (4)	66 (6)	A0-I V	
869	A	HD III844	7.7	I6"	I.9I (4)	I.79 (4)	0.3I0 (4)	6I (4)	Am	3
	B		8.2		2.39 (4)	2.07 (4)	0.I25 (4)	35 (4)	F8-G0 III	

AGK		Nom, HR ou HD	M_v	ρ	Φ_B	Φ_{UV}	D	λ_I-3700	type MK	
0173	A	α Boo	4.6	I3"	I.58 (I2)	I.60 (I2)	0.440 (I2)	6I (8)	A7 IV	
	B		6.8		I.96 (I0)	I.[illegible] (I[illegible])	0.220 (I0)	6I (8)	F3-5 IV-V	
0474	A	HD I329I0	6.8	4I"	I.80 (9)	-	0.340 (9)	62 (9)	F0 IV	
	B		7.6		I.82 (6)	-	0.340 (6)	62 (6)	F0 IV	3
9737	A	ζ Cr B	5.I	6"	0.98 (4)	I.00 (4)	0.305 (4)	60 (4)	B6-7 V	3
	B		6.I		0.93 (4)	0.97 (4)	0.290 (4)	57 (4)	B5-6 V	
I0I49	A	37 Her	5.7	70"	I.03 (4)	-	0.525 (4)	64 (4)	A2-3 IV	3
	B	36 Her	6.8		-	-	0.490 (4)	76 (4)	A2 V	3
I0635	A	53 Oph	5.8	4I"	I.I6 (6)	-	0.525 (6)	63 (6)	A2-3 IV	
	B		7.8		I.77 (6)	-	0.390 (6)	72 (6)	A7-9 V	
I0759	A	ψ Dra	4.9	3I"	2.25 (4)	-	0.I70 (4)	50 (4)	F5-6 IV	
	B		6.I		2.48 (4)	-	0.I00 (4)	35 (4)	G0 III	
I0966	A	67 Oph	3.9	55"	I.I6 (6)	-	0.I75 (6)	26 (6)	B4-5 Ib	
	B		8.2		I.08 (8)	-	0.230 (8)	57 (8)	B3-4 V	3
I[illegible]	A	HR 7033	6.3	25"	I.[illegible]I (6)	0.89 (6)	0.255 (6)	56 (6)	B5-6 V	
	B		7.9		I.II (6)	-	0.4I5 (6)	65 (8)	B9 V	
I1639	A	ζ Lyr	4.3	44"	I.62 (4)	-	0.440 (4)	65 (4)	Am	4
	D		5.7		I.87 (2)	-	0.330 (2)	67 (2)	F0 IV-V	
I2093	A	HD I78849	6.9	I3"5	0.86 (6)	-	0.240 (6)	56 (6)	B4-5 V	
	B		8.4		I.20 (6)	-	0.550 (6)	66 (6)	A2 V	
I2I97	A	η Lyr	4.5	28"	0.90 (8)	0.93 (8)	0.225 (8)	37 (8)	B4-5 III	
	B		8.8		I.25 (5)	-	0.485 (5)	67 (5)	AI-2 V	
I3870	A	HD I95066	6.4	26"	I.05 (8)	-	0.530 (8)	62 (8)	A2-3 IV	
	B		8.4		I.26 (6)	-	0.550 (6)	74 (6)	A2-5 V	4
I5032	A	β Cep 3.3 à 3.4		I4"	0.76 (I8)		0.I0 (I8)	53 (I8)	B0-I III-IV	42
	B		7.9		I.25 (3)	-	0.4I (3)	79 (3)	A2 V	43
I5I47	A	β Peg	6.2	29"	I.08 (8)	-	0.5I0 (8)	7I (8)	A2-3 V	
	B		7.7		I.96 (8)	-	0.265 (8)	66 (8)	FI-2 V	44
I5I84	A	HD 206267	5.7	I2"	I.45 (I2)	I.35 (I2)	0.035 (I2)	59 (I2)	06	45
	C		8.I	20"	I.40 (I0)	I.54 (I0)	0.080 (I0)	62 (I0)	B0 V	
	D		8		I.36 (I0)	I.[illegible] (I0)	0.070 (I0)	66 (8)	B0 V	
I5[illegible]7	A	δ Cep 3.6 à 4.4		4I"	2.I5 à 3.50	-	0.I60 à 0.420	I4 à 33	Cep.	46
	B		6.I		I.02 (5)	I.2I (5)	0.35 (5)	55 (5)	B7-8 IV-V	47
I6025	A	8 Lac$_{hr}$	5.8	22"	0.82 (II)	0.75 (II)	0.II5 (II)	6I (II)	BI-2 V	
	B	8 Lac$_{ft}$	6.5	82"	0.83 (8)	0.80 (8)	0.I45 (8)	6I (8)	B2 V	
	D		8.9		0.99 (4)	-	0.340 (4)	59 (4)	B7-8 V	
I648I	A	HD 2I7943	6.8	34"	I.02 (6)	I.II (6)	0.I85 (6)	50 (6)	B3 IV	
	B		8.4		I.27 (5)	-	0.375 (5)	59 (6)	B8 V	
	a	HD 36983	9.I		0.93 (4)	-	0.46 (4)	64 (4)	B9 V	48
	b	HD 36999	8.5		0.84 (4)	-	0.305 (4)	6I (4)	B6-7 V	
	c	HD 37000	7.5		0.80 (6)	-	0.I95 (6)	6I (6)	B3 V	
	d	HD 37025	7.2		0.84 (4)	-	0.2I (4)	54 (4)	B3 IV-V	

Notes relatives au Tableau III

I Nº 2 ADS 36I - Le λ_I de la composante B est douteux : les valeurs individuelles étant très dispersées.

2 Nº 3 π And A - Bin. spectrosc. 2 spectres.

3 Nº 4 65 Psc - Système étudié par Struve et Franklin [3]

4 Nº 6 77 Psc - Système étudié par Struve et Franklin [3]

5 Nº 8 ζ Psc - La composante B est une binaire visuelle d = I" $m_v(c) > I0$

6 Nº 9 φ Cas - Existence de 3 autres composantes plus faibles (m > I0) signalées dans ADS. Un grand nombre d'étoiles très faibles au voisinage donnant à l'ensemble l'apparence d'un amas.

7 NºI0 α UMi - Composante A bin. spectrosc. étudiée par Eggen et Gascoigne en tant que système binaire pour la détermination de la magnitude absolue de l'Etoile Polaire [I3].

8 NºI6 ξ Per B - Le spectre de la composante B est probablement perturbé par de la lumière parasite venant de la composante A proche et très brillante : effet sensible surtout sur la discontinuité -voir note II.

9 NºI6 ζ Per E - Le point correspondant se place sur le diagramme λ_ID dans une région où le type MK correspondant est très mal défini , celui qui est donné est estimé d'après l'importance de la raie K.
2 autres composantes dans ADS : m > I0.

I0 NºI7 ε Per A - Bin. spectrosc. 2 spectres.

II NºI7 ε Per B - On trouve pour la composante B D$\sim$0.30 ce qui ne semble pas vraisemblable d'après les raies de Balmer et la raie K qui sont celles d'une étoile A (entre AI et A3) Nous interprêterons ce résultat en disant que le spectre de la composante B est probablement perturbé par de la lumière parasite venant de la composante brillante très proche. $D_{réel} \sim 0.50$

I2 NºI8 χ Tau - (voir note I)

I4 Nº23 τ Tau A - Bin. spectrosc. appartient au courant Cas.-Tau.

I5 Nº25 - La composante faible est double ; les 2 composantes ont même magnitude selon ADS.

I6 Nº26 I4 Aur A - Bin. spectrosc.

I7 Nº28 δ Ori A - Bin. spectrosc.: 2 composantes égales ; le type spectral est celui donné par Sharpless [32] - composante B signalée dans ADS d = 33" m$\sim$I3.

...

I8 Nº30 ι Ori A - Bin. spectrosc. le type spectral est celui donné par Sharpless [32].

I9 Nº30 ι Ori C - Voir note nº 9

20 Nº3I σ Ori A - Binaire m = 3.9 + 5.9 d = 0".3 ; le type spectral est celui donné par Sharpless [32].

2I Nº3I σ Ori E - Etoile à hélium [33].

2I bis Nº35 - Système étudié par Struve et Franklin [3].

22 Nº37 ν Gem A - Bin. spectrosc.

23 Nº37 ν Gem BC - Binaire : magnitudes sensiblement égales d = 0".2

24 Nº38 20 Gem - Système étudié par Struve et Franklin [3].

25 Nº39 S Mon - Appartient à l'association II Mon, les numéros précédés de W sont ceux de Walker [25]

W 2I5 - W 2I5 est une binaire visuelle de composantes très rapprochées que Walker donne toutes deux comme identiques et de type AO IV-V ; nous ne pouvons les séparer bien qu'elles soient distinctes et les paramètres déterminés correspondent au spectre résultant On peut craindre que le λ_I en soit affecté d'une façon systématique par élargissement des raies ; le λ_I réel serait plus petit conformément à la classe de luminosité donnée par Walker.

26 Nº4I I9 Lyn - Bin. spectrosc. 2 spectres

27 Nº45 - La composante B est elle-même double m = 8 + I2 d = I"

28 Nº49 - La composante A présente certains caractères d'une étoile à raies métalliques ; faible raie K, nombreuses raies dans l'u.v. au delà de la discontinuité de Balmer, position dans le domaine des étoiles Am sur le diagramme (Φ_b, D) [9] (voir figure 5).

29 Nº52 - Système étudié par Struve et Franklin [3].

30 Nº53 65 UMa - Système quadruple : la composante A est double m = 6.5 + 8.4 d = 0".3 composante C type $\sim$A5 m = 7.7 d_{A-C} = 63"

3I Nº54 2 Com - Système étudié par Struve et Franklin [3].

32 Nº56 I7 Com - La composante A est une "spectrum variable". La composante B présente certains caractères d'une étoile à raies métalliques (voir note 28) elle est double m = 7 + I4 d = 2".

33 Nº58 HR 4892 - Bin. spectrosc. 2 spectres.

34 Nº59 - La composante A présente certains caractères d'une étoile à raies métalliques (voir note 28)

...

35 Nº6I - Les 2 composantes ont les mêmes paramètres bien que leurs spectres ne semblent pas identiques ; la composante A semble plus avancée que la composante B ; elle est probablement double et son spectre composite

36 Nº62 ζ CrB - Composante A bin. spectrosc. 2 spectres
Composante B bin. spectrosc. ?

-38 Nº63 36-37 Her - Etoiles difficiles à classer d'après le diagramme (λ_I, D) (voir note 9)

39 Nº66 67 Oph - 3 autres composantes dans ADS : B $d_{A-B} = 6''$ m$\sim$I4
D $d_{C-D} = 8''$ m$\sim$I3 E $d_{A-E} = 45''$ m$\sim$I2

40 Nº68 ζ Lyr A - Bin. spectrosc.

4I Nº7I - Système étudié par Johnson[2].

42 Nº72 β Cep A - Variable de type βCMa

43 Nº72 β Cep B - Même remarque que pour ε Per B (voir note II).

44 Nº73 3 Peg - Système étudié par Johnson[2].

45 Nº74 - Composante A bin. spectrosc.
Composante B signalée dans ADS d = I" m$\sim$I4.

46 Nº75 δ Cep - Les résultats provisoires concernant la composante A nous ont été communiqués par A-M. Fringant (travail en cours).

47 Nº75 δ Cep B - La magnitude visuelle est déduite de mesures faites en 6 couleurs par Stebbins et Kron[I5].

48 Nº78 - Nous avons réuni ici quatre étoiles de l'amas I Ori qui sont toutes très proches de l'étoile principale ι Ori ; elles ne forment pas un système multiple avec cette dernière et ne se trouvent ni dans ADS ni dans le catalogue de Wallenquist, mais néanmoins constituent probablement un ensemble particulièrement homogène dans l'agrégat d'Orion qui sera utilisé dans l'étude des magnitudes et de l'évolution des chapitres suivants.

Chapitre II

REPRESENTATION DES ETOILES MULTIPLES DANS LE DIAGRAMME (Φ_b, D)

DETERMINATION DU ROUGISSEMENT INTERSTELLAIRE

Il a déjà été montré que si l'on représente chaque étoile de la population I classée dans le système tridimensionnel par un point dans le système de coordonnées trirectangles (Φ_b, D, λ_I) les points représentatifs se placent au voisinage d'une surface Σ [7 - 8] dans un volume de faible épaisseur entourant cette surface. Les 3 paramètres sont donc nécessaires pour représenter parfaitement les étoiles de la population I(I).

Mais les 3 paramètres utilisés n'ont pas tous les mêmes qualités ; tandis que D et λ_I traduisent des propriétés intrinsèques des étoiles et ne sont influencés ni par la distance, ni par la présence de matière interstellaire, le 3ème paramètre Φ_b qui caractérise la couleur du spectre continu entre 3800 Å et 4600 Å est très fortement influencé par l'absorption interstellaire.

Ceci peut être mis facilement en évidence dans le cas des étoiles doubles : en effet pour un système binaire donné les "masses de matière absorbante" M (suivant la définition de L. Divan [10]) produisant le rougissement sont les mêmes pour les 2 composantes. Donc les gradients absolus intrinsèques Φ_b des 2 étoiles sont augmentés de la même constante dépendant seulement de M.

La figure 5 représente les étoiles doubles du Tableau III dans le diagramme (Φ_b, D); les composantes d'un même système sont jointes par une droite ; la composante la plus brillante est indiquée par un cercle noir, le numéro indiqué est celui de la colonne I du Tableau III, les points se placent, pour la plupart, au voisinage d'une courbe moyenne correspondant à la forme générale de la surface Σ [6 - 7], la dispersion des points de part et d'autre de cette courbe est due partiellement à "l'épaisseur de la surface" et partiellement au fait que la

---

(I) Dès le Ier travail sur la classification tridimensionnelle [9] on a reconnu que les étoiles A à raies métalliques se placent hors de la surface.

Figure 5 : DIAGRAMME ($\mathring{\jmath}_b$,D)

Les étoiles se plaçant dans l'espace tridimensionnel E au voisinage d'une surface Σ, approximativement orthogonale au plan ($\mathring{\jmath}_b$,D), leurs projections sur ce plan se répartissent dans une bande assez étroite correspondant à cette surface Σ.

Les composantes des étoiles multiples rougies par l'absorption interstellaire (nos 9,I6,I9,22,74...) sont déplacées vers le haut du diagramme parallèlement à l'axe des $\mathring{\jmath}_b$, d'une quantité qui est fonction du rougissement.

Les points correspondant aux étoiles des Hyades définissent la position moyenne dans le diagramme ($\mathring{\jmath}_b$,D) des étoiles non rougies de la séquence principale de type A2 à F8 ; celle des étoiles B est fixée par un certain nombre d'étoiles très bleues qui se placent au dessous de la plupart des étoiles doubles dans le diagramme mettant en évidence le rougissement de celles-ci.

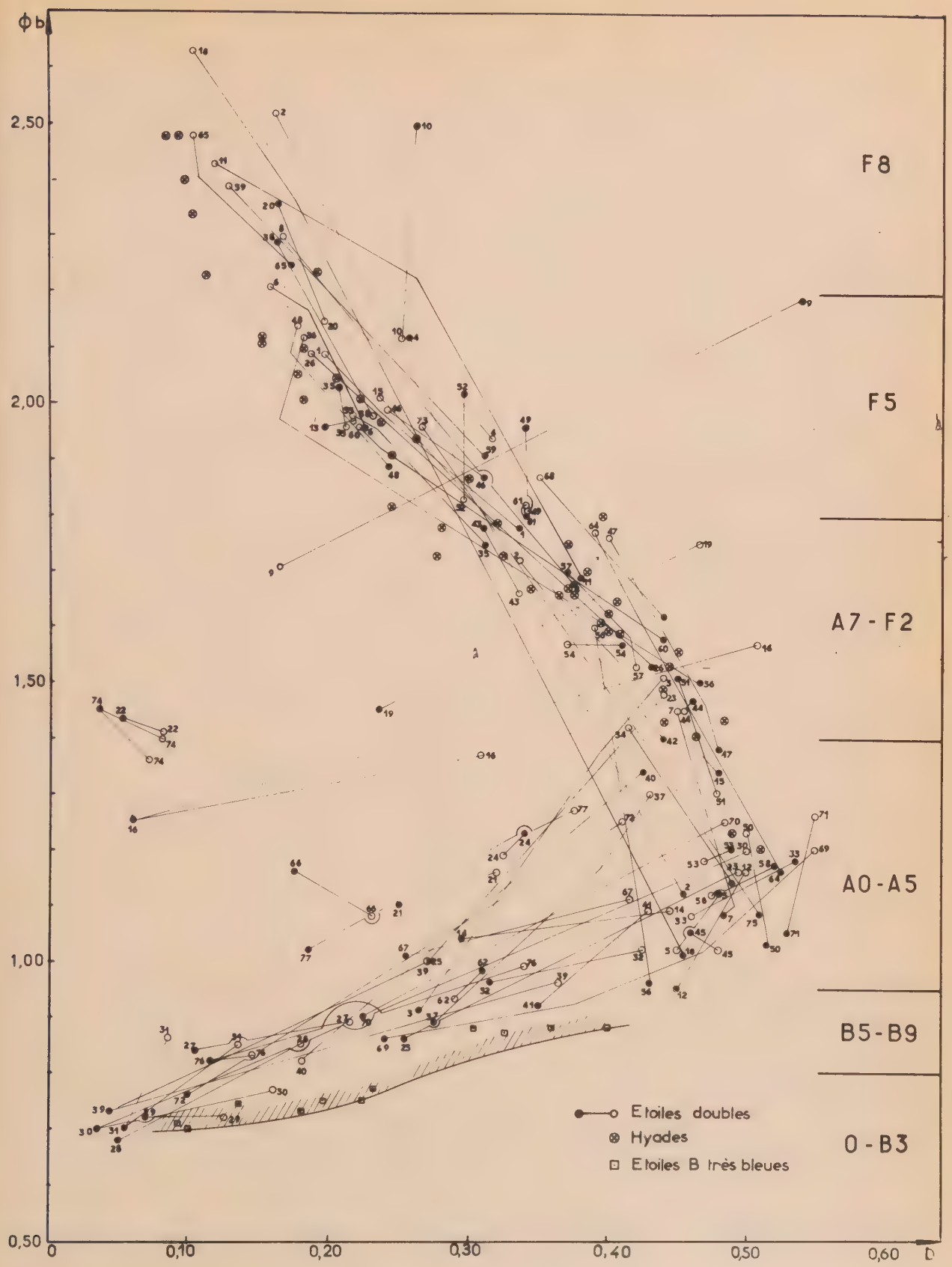


Figure : 5 Diagramme (ϕ_b, D)

surface Σ n'est pas orthogonale au plan (ϕ_b, D) et que les points de celle-ci n'ont pas les mêmes projections pour différentes valeurs du 3ème paramètre λ_I. Mais d'autre part le rougissement interstellaire peut déterminer une translation parallèlement à l'axe des ϕ_b d'un certain nombre de couples.

Sur la même figure nous avons porté les étoiles des Hyades qui se situent sur la partie supérieure de la figure entre A2 et F8 ; ces étoiles très proches ne sont pas rougies et comme elles occupent sensiblement en moyenne la même région du plan (ϕ_b, D) que les étoiles doubles on peut en conclure que les systèmes A + F et F + F étudiés sont peu ou pas rougis.

Sur la branche inférieure nous avons représenté un certain nombre d'étoiles B très bleues considérées comme non rougies ; on constate qu'elles se placent au dessous de la plupart des étoiles doubles O + B, B + B ou B + A. Même si on admet une certaine épaisseur de la surface dans la région des B, on peut en conclure que les étoiles doubles dont une composante au moins est de type B, sont en général rougies.

Ce rougissement est particulièrement visible sur les systèmes suivants :

nº 9	φ Cas,	F0 Ia + B5-6 Ib
nº I6	ζ Per,	BI Ib + B7-8 V + A2 V
nº I9	62 Tau,	B4-5 IV + A0-I V
nº 22	I Cam,	B0 III + B0 IV-V
nº 74	ADS I5I84,	06 + B0 V + B0 V

Par une translation parallèlement à l'axe des ϕ_b on peut ramener ces systèmes dans la zone définie par les étoiles très bleues ; la grandeur de cette translation caractérise l'importance de ce rougissement, si l'on appelle ϕ_{orb}, ϕ_{ob} les gradients intrinsèques d'une étoile et ϕ_{rb}, ϕ_b les gradients observés à travers une masse M de matière interstellaire on a les relations :

$$\phi_b - \phi_{ob} = M \times 3{,}47 \qquad [I0]$$

$$\text{ou} \quad \phi_{rb} - \phi_{orb} = M \times 3{,}9I$$

...

Le tableau IV donne les valeurs de M pour un certain nombre d'étoiles doubles :

TABLEAU IV

Nº	ADS	étoile	ou $\Phi_b - \Phi_{ob}$ / $\Phi_{rb} - \Phi_{orb}$	M	Notes
9	I073	φ Cas	0.86	0.22	I
I4	2270	HR 890-9I	0.20	0.06	
I6	2843	ζ Per	0.52	0.I5	2
I9	3I79	62 Tau	0.65	0.I9	
22	3274	I Cam	0.72	0.I8	
24	3579	HR I600	0.35	0.I0	
25	3623	HR I6I9	0.20	0.06	
27	3962	23 Ori	0.I2	0.03	
32	4262	HR I945	0.I0	0.03	
66	I0966	67 Oph	0.30	0.09	3
67	II593	HR 7033	0.20	0.06	
70	I2I97	η Lyr	0.I0	0.03	
74	I5I84	HD 206267	0.80	0.20	4
76	I6095	8 Lac	0.I0	0.03	
77	I648I	HD 2I7943	0.25	0.07	

I - Nº9. φ Cas - Cette valeur de M est obtenue en admettant pour la composante faible une valeur de Φ_{rb} intrinsèque égale a 0.86 comme pour 67 Oph A (nº 66) qui est d'un type spectral très voisin (cf. la note 3 ci dessous). De cette valeur de M on déduit pour la composante brillante, qui est de type F0 Ia : Φ_b = I.43 en dehors de la matière interstellaire alors que pour une étoile de type F0 V $\Phi_b \backsim$ I.65. Ceci est conforme aux résultats publiés par Johnson sur la couleur intrinsèque des étoiles de différentes classes de luminosité [II] : Une supergéante F0 est plus "bleue" qu'une étoile F0 naine.

2 - Nº I6. ζ Per - Valeurs publiées par L. Divan [I0]

3 - Nº 66. 67 Oph - De cette valeur de M on déduit pour la composante brillante qui est de type B4-5 Ib : Φ_b = 0.86 en dehors de la matière interstellaire.

4 - Nº 74. HD 206267 - La composante de type 06 semble plus "rouge" que les composantes de type B0 si on admet que les 3 composantes sont affectées de la même façon par la matière interstellaire. Ce résultat est conforme a celui obtenu par L. Divan sur la couleur intrinsèque des étoiles de type 06 a B3 [I0]

...

Rougissement interstellaire de δ Cep et α U Mi.

Cette méthode de détermination du rougissement interstellaire sera particulièrement intéressante dans le cas ou une des composantes appartient à un type spectral dont la température de couleur intrinsèque n'est pas très bien connue ; c'est le cas des Céphéides dont nous avons 2 exemples dans le tableau III, α U Mi et δ Cep. Chacune d'elle a un compagnon qui est une étoile normale, située au voisinage de la série principale, et qui appartient à un type spectral dont la température de couleur est assez bien définie ; son excès de couleur sera le même que celui de la composante brillante.

Le tableau V donne les excès de couleur de α U Mi et δ Cep. Dans Les 5 premières colonnes on trouve le nom de l'étoile, le Φ_b observé et le Φ_b du type spectral correspondant, la masse de matière interstellaire M, et la variation de magnitude visuelle due à celle-ci d'après [I2]. Dans la 6ème colonne est indiqué l'excès de couleur trouvé par Eggen et Gascoigne [I3], la 7ème colonne contient le même excès de couleur mais traduit dans le système (U,B,V) et la 8ème colonne la variation de magnitude visuelle résultante dans le même système d'après [I4]

TABLEAU V

(I) *	(2) Φ_b	(3) Φ_{ob}	(4) M	(5) Δm_v	(6) E_{GI}	(7) E_y	(8) ΔV
α U Mi B	2.I2	I.94	0.05	0.30	+0.08	+0.05	0.I5
δ Cep B	I.02	0.85	0.05	0.30	+0.20	+0.I6	0.48

L'accord entre Δm_v et ΔV peut être considéré comme assez satisfaisant. L'écart entre nos mesures et celles de Eggen et Gascoigne * peut tenir en partie à l'arbitraire qui existe dans l'estimation de la couleur intrinsèque d'une étoile notamment pour une étoile F comme α U Mi B mais il peut résulter aussi de "l'épaisseur" de la surface Σ, la con-

* Eggen et Gascoigne ont utilisé des mesures en 6 couleurs faites par Stebbins et Kron [I5]

...

naissance de D et λ_I ne déterminant pas le 3ème paramètre ϕ_b avec une grande précision.

En conclusion nous pouvons dire que α U Mi et δ Cep sont faiblement rougies et adopter comme excès de couleur une valeur moyenne entre nos mesures spectrophotométriques et les mesures photoélectriques.

naissance de D et λ_I ne déterminant pas le 3ème paramètre ϕ_b avec une grande précision.

En conclusion nous pouvons dire que α U Mi et δ Cep sont faiblement rougies et adopter comme excès de couleur une valeur moyenne entre nos mesures spectrophotométriques et les mesures photoélectriques.

Chapitre III

LE DIAGRAMME (λ_I, D)

APPLICATION A L'ETUDE DES PROBLEMES D'EVOLUTION STELLAIRE

Nous allons maintenant considérer les projections des points représentatifs de l'espace (Φ_b, D, λ_I) que nous appelerons espace E - sur le plan (λ_I, D). Ces projections présentent l'avantage de ne dépendre ni de la distance des étoiles correspondantes ni de l'absorption interstellaire. Nous allons voir que ce diagramme (λ_I, D) peut jouer un rôle analogue au diagramme couleur-luminosité mais sans que l'on ait à apporter les corrections en général assez délicates et incertaines que nécessitent les paramètres "couleur" et "magnitude absolue

Représentation des amas ouverts dans le diagramme (λ_I, D) ; étalonnage de celui-ci en "stades d'évolution".

Construction du diagramme (λ_I, D) - L'analogie du diagramme (λ_I, D) avec les diagrammes composites couleur-luminosité apparaîtra immédiatement en projetant sur celui-ci les points correspondants à des amas ouverts ou des associations d'âge divers.

C'est pourquoi nous commençerons par porter sur ce diagramme les points représentatifs des étoiles d'un certain nombre d'amas dont l'évolution relative est connue , leurs positions relatives donneront un premier étalonnage du diagramme (λ_I, D) en "stades d'évolution" ; nous préciserons ensuite celui-ci au moyen des étoiles doubles et multiples.

L'étude de ces amas est extrêmement longue car elle nécessite la prise des spectres et le dépouillement de nombreuses étoiles et elle ne peut être que le résultat d'un travail collectif. Celui-ci a été entrepris depuis plusieurs années par différents chercheurs de l'Institut d'Astrophysique de Paris et il n'est pas encore achevé, mais il est néanmoins suffisamment avancé -pour un certain nombre d'amas- pour qu'on puisse l'utiliser dans le cas présent.

...

Le tableau VI indique l'état actuel de ces recherches :
La colonne I donne le nom de l'association ou amas, la colonne 2 les types d'étoiles étudiées, la colonne 3 le nom des observateurs (B = Berger, C = Chalonge, D = Divan, V = Van't Veer, W = Westerlund), la colonne 4 l'état d'avancement du travail : en cours, utilisable (util) achevé , la colonne 5 le nº de la publication et l'initiale de l'auteur, et la colonne 6 des numéros renvoyant aux remarques qui suivent le tableau.

TABLEAU VI

(I) Associations ou amas	(2)	(3) Obs.	(4) Etat	(5) Publ.	(6) Notes
NGC 2264	O B	C,D	Util.		
I Ori	O B	B,C,D	Util.		
II Per	O à B5	B	achevé	B [I6]	I
I Lac	O à B5	B,C,D	Util.		
I Per	B	B,C,D	en cours		
Pléiades	B	B	achevé	B [I7]	2 - 3
	A	C,D	Util.		
M 39	A (brillantes)	W	achevé	W [I8]	2
Coma Berenices	A (brillantes)	W	Util.	W [I8]	2
	A avancées et F	C	en cours		
Hyades	A et F	B,D,V	Util.	V [I9]	

Notes. -

I - L'appartenance de ξ Per à l'association II Per a été discutée ; cette étoile a une grande vitesse et s'éloigne de l'association on la classe maintenant comme "run-away star" membre de l'association [20] le λ_I de ξ Per n'est pas publié dans [I6] : il est égal à 3752 Å d'après une moyenne d'observations faites par Berger dans l'étude de II Per [I6] et d'observations plus récentes et non publiées de L. Divan.

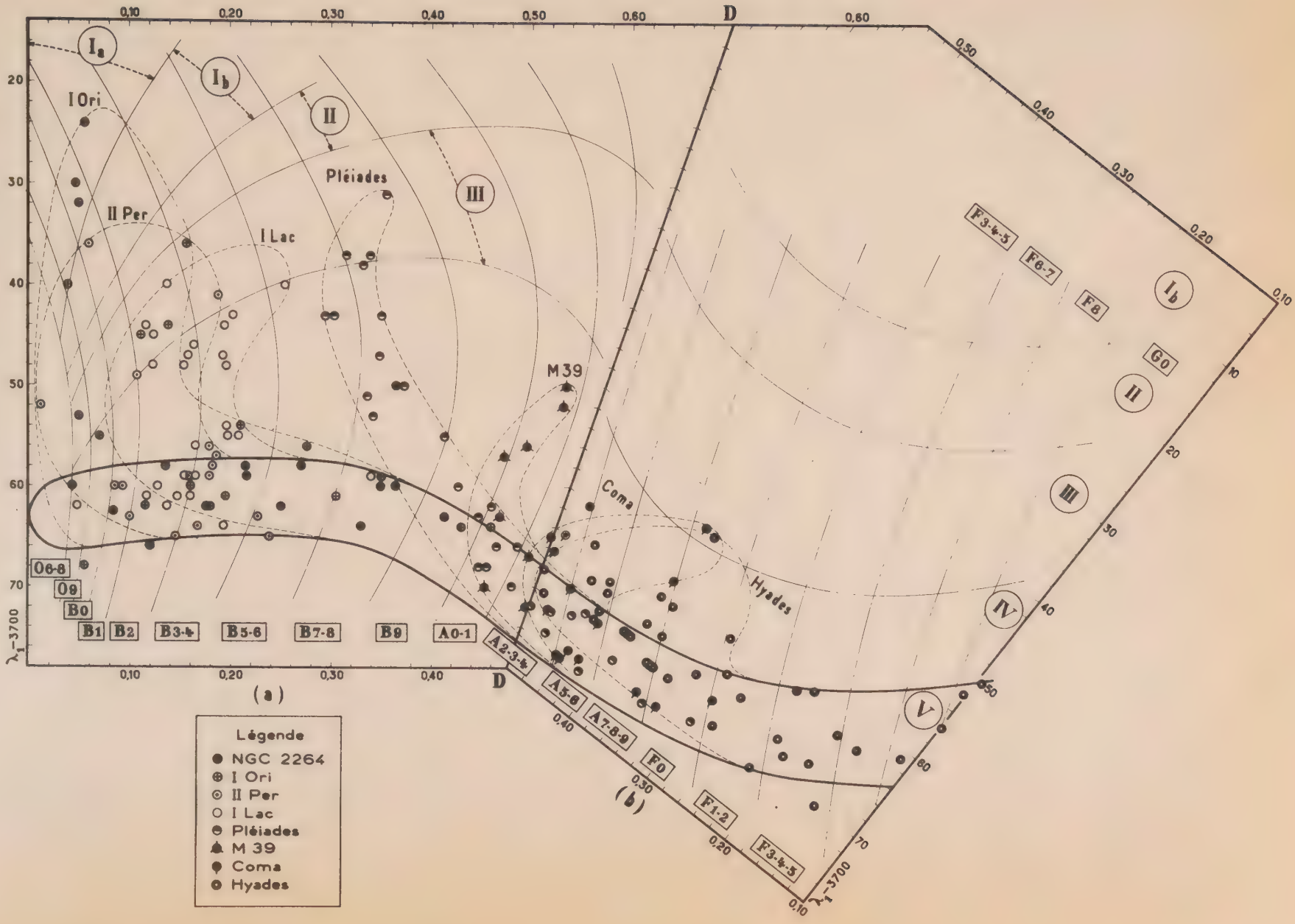
X Per membre de l'association est une étoile particulière présentant une enveloppe en émission. Elle est considérée comme le résidu possible d'une supernova de type II. Elle présente des raies de l'hélium assez intenses permettant de la considérer comme une étoile O ; mais sa discontinuité de Balmer négative ne nous permet pas de la classer dans notre système.

...

Figure 6 : ASSOCIATIONS ET AMAS OUVERTS DANS LE DIAGRAMME (Δ_I,D)

La bande limitée par un trait noir continu épais à la partie inférieure du diagramme représente la séquence principale d'âge zéro : elle contient notamment les étoiles B de II Mon, une partie des composantes des associations II Per, I Lac, I Ori, la plupart des composantes A et F des Hyades, les composantes A des Pléiades.

Les étoiles les plus brillantes des différents amas stellaires se placent en général au dessus de cette région dans des bandes plus ou moins étroites analogues aux "turn off" des diagrammes composites couleur-luminosité , les limites de celles-ci sont indiquées en trait fin discontinu.


I Ori
II Per
I Lac
Pléiades
M39
Coma
Hyades
Légende
NGC 2264
I Ori
II Per
I Lac
Pléiades
M 39
Coma
Hyades
(a)
(b)
D
D
λ1-3700
λ1-3700

2 - Par suite de changements, divers la mise au point des dernières raies de Balmer a été un peu modifiée et les λ_I actuels sont en moyenne de 3 Å plus faibles que ceux de certaines séries d'observations ; c'est pourquoi les λ_I publiés dans [17] et [18] doivent être diminués de 3 Å pour être en accord avec l'échelle actuellement en usage.

3 - Pléione est une "shell" en absorption et les valeurs de λ_I et D qui sont utilisées ici se rapportent seulement à l'étoile centrale ; ses coordonnées corrigées comme il est indiqué dans [21] sont : D = 0.35 λ_I = 3743 Å.

Le graphique λ_I D (fig. 6a et 6b) est tracé exactement comme il a été décrit dans [22] ; en effet, si l'on projetait sans précaution les points figuratifs sur le plan λ_I,D les deux parties de l'espace qui correspondent l'une aux types O, B et aux premiers sous-types A et l'autre aux types plus avancés, se projetteraient sur la même région du plan λ_I,D alors qu'avec la disposition de la figure 6 elles se projettent, la première sur 6a et la seconde sur 6b. La figure 6 est ainsi la juxtaposition de 2 diagrammes différents ; il faut seulement remarquer qu'il règne quelque incertitude dans la région voisine du raccord des diagrammes 6a et 6b étant donné la difficulté qu'il y a à déterminer si les points figuratifs tombant dans cette région doivent appartenir à 6a ou à 6b.

Détermination de la série principale d'âge zéro dans le diagramme (λ_I,D)

L'appellation de série principale d'âge zéro est la traduction littérale de l'expression utilisée par les astrophysiciens de langue anglaise (the "Zero Age" Main -Sequence) pour désigner dans le diagramme couleur-luminosité le lieu des points atteints par les étoiles de différentes masses initiales à la fin de la Ière phase de leur existence -phase de contraction- selon les théories actuelles de l'évolution stellaire.

Dans l'exposé qui suit nous emploierons l'expression plus courte de "série principale" pour désigner cette courbe dans le diagramme couleur luminosité habituel ou la région correspondante du diagramme (λ_I,D) que nous nous proposons de déterminer.

...

Les données dont nous disposons actuellement pour les types A avancés et F concernant les étoiles d'amas sont encore assez réduites. Néanmoins nous pouvons définir la position de la série principale dans le diagramme (λ_I, D) par les étoiles des Hyades pour les types plus avancés que F0 et par les étoiles des Pléiades pour les types A, ceci en accord avec le diagramme composite de Sandage [23]. Les étoiles A des Hyades seront soit au bord supérieur de la bande délimitant la position de la série principale soit déjà un peu au dessus. Ceci est en accord avec les résultats des travaux de Johnson et Knuckles concernant l'étude comparée de la séquence principale des Hyades et des Pléiades [24].

Pour les types OB, c'est l'association NGC 2264 (II Mon) qui semble définir le mieux la série principale ; l'étoile la plus brillante et la moins avancée de l'amas S Mon, de type O7, commencerait peut-être à en sortir, par contre, les étoiles nº 24, nº 46 et 215* de la liste de Walker [25] également au dessus de la séquence principale seraient encore dans la première phase de leur existence, la phase de contraction ; Walker fait la même hypothèse.

Les autres associations considérées ici, II Per, I Ori, I Lac possèdent toutes à côté de composantes très jeunes tombant sur la série principale au voisinage de celles de II Mon, des composantes plus évoluées qui ont plus ou moins nettement quitté celle-ci et l'ensemble des points figuratifs correspondant à chacune de ces associations, occupe dans le diagramme (λ_I, D) des bandes beaucoup plus larges que les Pléiades ou M 39. On est conduit à l'hypothèse suivante faite déjà par Blaauw [20] pour les associations I Ori, II Per et l'amas du Scorpion-Centaure : les étoiles qui les constituent auraient pris naissance au cours de deux ou plusieurs condensations successives et n'auraient donc pas toutes le même âge ; les étoiles doubles nous permettront de préciser cette hypothèse.

---

* W 215 : voir la note qui suit le tableau III dans le chapitre I.

Figure 7 : ETOILES DOUBLES ET MULTIPLES DANS LE DIAGRAMME (λ_I, D)

Les composantes de chaque système sont jointes par un trait, la composante la plus brillante étant représentée par un cercle noir et accompagnée du numéro d'ordre correspondant (première colonne du tableau III).

Au voisinage du raccord entre les zones (a) et (b) du diagramme il est souvent difficile de décider si les points représentatifs doivent être portés sur (a) ou sur (b) le seul critère conventionnel étant λ_b :

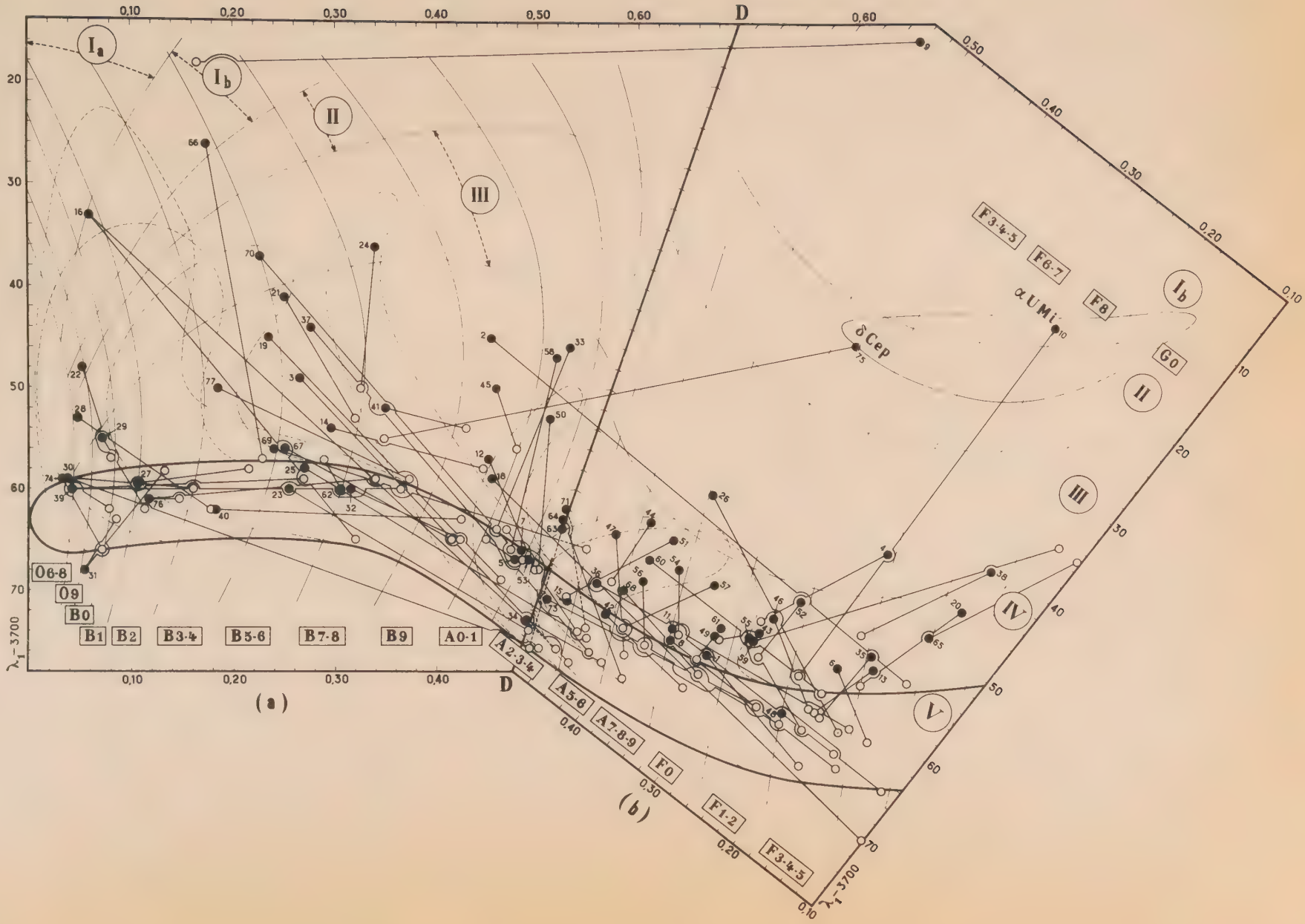
$$\lambda_b < \text{I.30} \quad \text{pour la région (a)}$$
$$\lambda_b > \text{I.30} \quad \text{" (b)} \qquad [22]$$

mais λ_b est sensible au rougissement interstellaire.

D'autre part les zones (a) et (b) empiètent légèrement l'une sur l'autre de part et d'autre de la droite qui les sépare : les points représentatifs d'étoiles doubles joints par un trait en pointillé qui se placent dans la zone (b) appartiennent en réalité à la zone (a) et ont été portés avec les axes de coordonnées de celle-ci. Leur type spectral MK est indéterminé dans le diagramme puisque le quadrilatère curviligne dans lequel elles sont placées appartient à (b). Le type spectral indiqué dans le tableau III est estimé d'après la raie K.

L'étoile variable δ Cep A (nº 75) décrit dans le plan (λ_I, D) une courbe fermée qui est représentée en haut à droite de la zone (b). Le point de cette courbe qui est joint à la composante faible du système a été choisi arbitrairement.

α U Mi A (nº IO) bien que variable également est représentée par un seul point : son amplitude de variation est faible et un très grand nombre de mesures serait sans doute nécessaire pour mettre en évidence une courbe analogue à celle de δ Cep mais limitant une surface beaucoup plus réduite.


D
D
(a)
(b)
λ_1-3700
λ_1-3700
I_a
I_b
II
III
IV
V
αUMi
δCep
O6-8
O9
B0
B1
B2
B3-4
B5-6
B7-8
B9
A0-1
A2-3-4
A5-6
A7-8-9
F0
F1-2
F3-4-5
F6-7
F8
G0

Nous pouvons constater l'analogie du diagramme (λ_I, D) avec le diagramme composite couleur-luminosité de Sandage [23] :

A l'intérieur de la bande dessinée en gros trait dans la partie inférieure de la figure 6 se placent les étoiles les moins évoluées -étoiles en contraction mises à part- des divers amas ou associations considérés : c'est la série principale. De celle-ci se détachent un certain nombre de bandes analogues aux "turn off" de Sandage contenant les étoiles les plus évoluées de chaque amas.

Les diverses régions du plan (λ_I, D). En conclusion, la position sur le diagramme (λ_I, D) des divers amas ou associations qui ont été étudiés permet de distinguer différentes régions sur celui-ci. La séquence principale, dont nous avons fixé la position, correspond à la ligne "zero age" des diagrammes couleur-luminosité, deuxième phase de l'existence des étoiles, la première étant la phase de contraction. Nous n'avons que très peu de données sur celle-ci, seules les étoiles les plus avancées que nous ayons étudiées dans l'amas II Mon donnent une idée de la région correspondante du diagramme (λ_I, D).

Les stades successifs de la troisième phase sont jalonnés par les contours des divers "turn off" que l'on rencontre quand on se déplace du type O vers les types plus avancés et qui sont dans l'ordre de l'âge croissant, ceux de I Ori, II Per, I Lac, les Pléiades, M 39, Coma, les Hyades.

) Représentation des étoiles doubles et multiples dans le diagramme (λ_I, D)

Le diagramme de la figure 7 est analogue à celui de la figure 6 ; mais seuls les contours des amas sont indiqués et les points figuratifs sont ceux des étoiles multiples contenues dans le tableau III : Comme pour la figure 5 les composantes d'une même étoile double ou multiple sont jointes par une droite et le numéro de l'étoile (Ière colonne du tableau III) est porté à côté de la composante brillante ; celle-ci est représentée par un cercle noir tandis que la composante faible est représentée par un cercle blanc.

L'examen de la figure 8 nous conduit aux remarques suivantes :

a) la position des étoiles doubles par rapport au contour de la série principale d'âge zéro définie dans le paragraphe précédent permet de

répartir les étoiles doubles en 3 groupes :

I) les deux composantes sont sur la série principale ;

2) la composante brillante a quitté la série principale, cas très fréquent comme l'avaient constaté Struve et Franklin [3] ;

3) les deux composantes sont hors de la série principale.

L'interprétation de ces faits est la même que pour les amas : dans un système binaire comme dans un groupe d'étoiles important formées à la même époque, les étoiles les plus massives évoluent plus rapidement donc quittent les premières, la séquence d'âge zéro pour entrer dans la 3ème phase de leur existence ; nous n'envisagerons pas ici le cas des étoiles qui sont dans la Ière phase de leur existence: phase de contraction dont il ne semble pas que nous possédions d'exemples parmi les systèmes étudiés.

Ainsi un système binaire ou multiple peut être considéré au point de vue de l'âge et de l'évolution comme un amas qui n'aurait qu'un nombre très réduit de composantes ; cette analogie est encore plus étroite quand il s'agit d'étoiles O et B : une association très jeune se présente sous forme d'un ensemble très serré d'étoiles assimilable à un système multiple (voir remarque nº 48 à la fin du tableau III).

b) la position des étoiles doubles par rapport au contour des amas dans le diagramme(λ_I, D) permettra souvent de fixer leur âge relativement à ceux-ci :

Ainsi l'étoile double nº 24 dont les 2 composantes se placent à l'intérieur du contour des étoiles B des Pléiades, peut être considérée comme ayant le même âge que celui-ci.

Les étoiles doubles nºs 33, 58, 50 ont sensiblement le même âge que M 39 tandis que 44 et 51 sont à rattacher à Coma Berenices et aux Hyades.

Enfin les étoiles doubles nºs 4 et 38 sont plus âgées que les Hyades puisqu'elles correspondent à un amas dont les étoiles de type F sont au dessus de la séquence principale : si on se reporte au diagramme composite de Sandage [23] elles ont peut-être un âge comparable à celui de NGC 752 ou même M 67.

...

Par contre il ne sera pas possible de fixer l'âge d'une étoile double dont les 2 composantes sont sur la série principale, puisque la différenciation des amas n'y est pas apparente. On pourra tout au plus fixer une limite à celui-ci : ainsi l'étoile double nº 25 est plus jeune que les Pléiades puisque sa composante brillante, de type B5, est sur la série principale alors que toutes les étoiles B des Pléiades sont au dessus de celle-ci.

3) Courbes d'égale évolution.

Nous appelerons courbe d'égale évolution dans le diagramme (λ_I, D) une courbe joignant les étoiles de différentes masses qui se sont formées à la même époque, probablement dans une même région de l'espace : cette définition correspond exactement à celle des "time lines" de Schwarzchild[26].

Remarquons que 2 étoiles de masses différentes formées au même moment n'atteignent pas ensemble la séquence principale "d'age zero" à la fin de la première phase de leur existence : l'étoile la plus massive l'atteindra la première et y séjournera moins longtemps ; la séquence principale d'age zero ne correspond pas à une courbe d'égale évolution en dépit de son nom qui peut prêter à confusion.

Par contre les etoiles d'un amas devront se placer sur une même courbe d'égale évolution si celui-ci ne s'est pas formé au cours de plusieurs condensations successives ; il en sera de même pour les composantes d'une étoile double ou multiple.

Nous avons vu que pratiquement les étoiles d'un amas se placent dans une bande plus ou moins étroite lorsqu'on les représente dans le diagramme (λ_I, D). La courbe moyenne définie par cette bande représentera la courbe d'égale évolution correspondant à cet amas. Cette courbe est particulièrement bien déterminée dans le cas de M 39 et des Pléiades ou de II Mon ; par contre elle est beaucoup moins précise pour les associations I Ori, I Lac, II Per ; leur contour dans le diagramme (λ_I, D) englobe une surface beaucoup plus vaste dont il semble très arbitraire de définir une courbe moyenne : cela semble confirmer l'hypothèse selon laquelle les étoiles de ces associa-

...

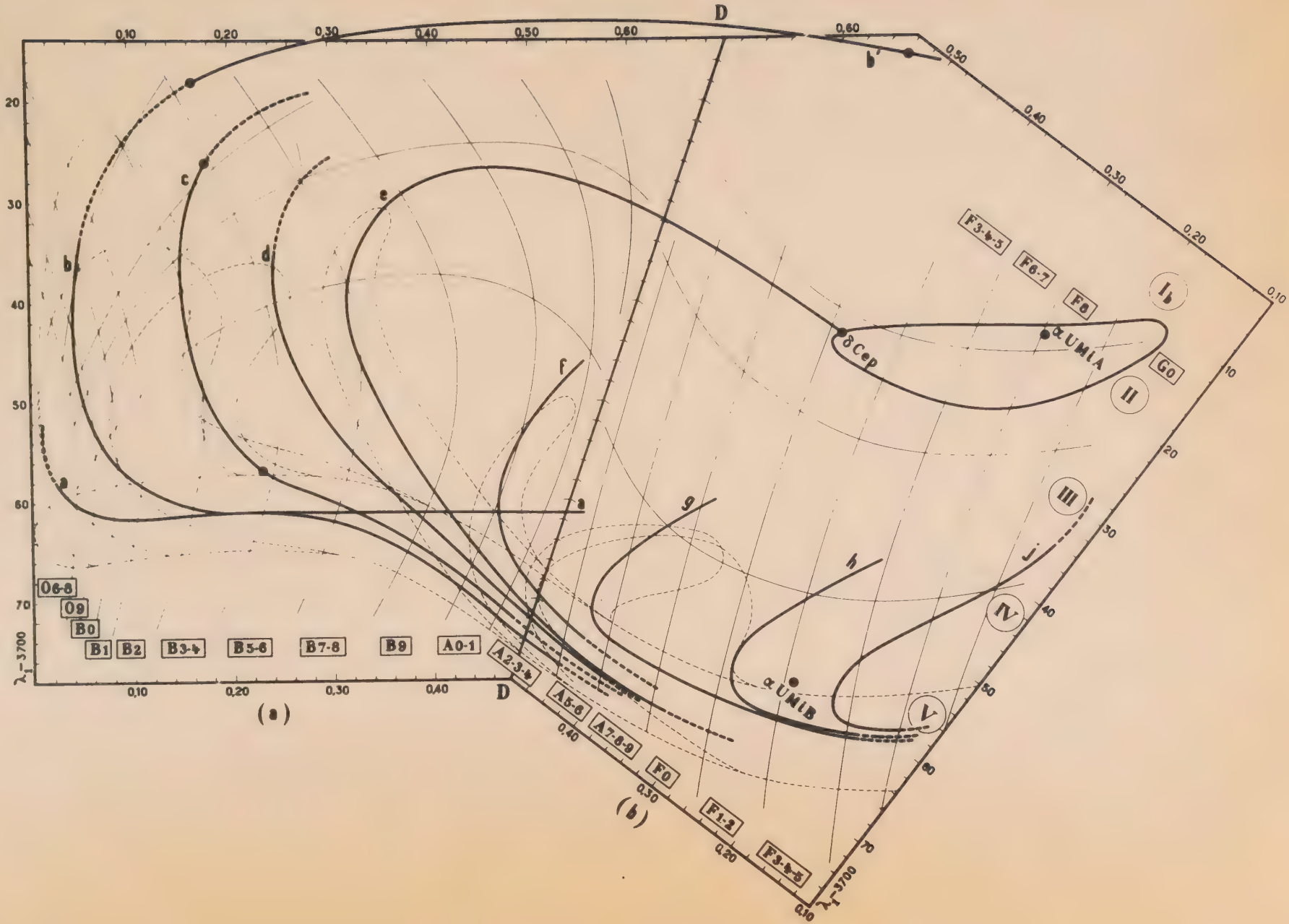
Figure 8 : COURBES D'EGALE EVOLUTION DANS LE DIAGRAMME (λ_I, D)

Chaque courbe est déterminée soit par les points représentatifs des composantes d'un même amas (courbe e : les Pléiades) soit par ceux d'un certain nombre d'étoiles doubles (voir la figure 9). L'ordre chronologique de ces courbes est celui des lettres de l'alphabet qui les désignent, la plus récente étant la courbe a.

Les courbes b' (b prolongé au dela du pointillé) et c portent deux cercles noirs ; cela signifie qu'elles ne sont définies que par les deux points correspondants qui représentent les deux composantes d'une étoile double ; elles ont été tracées par analogie avec les courbes d'égale évolution voisines.

La courbe décrite dans le plan (λ_I,D) par l'étoile variable Cep A a été représentée comme une courbe d'égale évolution ; un de ses points, indiqué par un cercle noir, a été choisi arbitrairement et relié à la courbe e des Pléiades à laquelle se rattache α Cep.

Les 2 composantes de α U Mi sont également représentées par des cercles noirs. On pourrait d'après la position de ceux-ci attribuer à cette céphéide un stade d'évolution intermédiaire entre les courbes h et j donc une formation très ancienne, mais une étude plus approfondie (voir p. 54) conduit à lui attribuer un âge voisin de celui de α Cep ; dans ce cas α U Mi B serait peut-être encore dans la phase de contraction.


D
b'
a
b
c
d
e
f
g
h
j
δ Cep
α UMi A
α UMi B
F3-5
F6-7
F8
G0
Ib
II
III
IV
V
O6-8
O9
B0
B1
B2
B3-4
B5-6
B7-8
B9
A0-1
A2-3-4
A5-6
A7-8-9
F0
F1-2
F3-5
(a)
(b)
λ-3700

tions se seraient formées en plusieurs condensations successives.

Par analogie avec les étoiles des amas nous pouvons construire une courbe d'égale évolution passant par les 2 composantes d'une étoile double ; elle seraextrêmement arbitraire ; par contre un groupe d'étoiles doubles dont les composantes se placent dans une même région du diagramme (λ_I, D) permettront de définir une courbe qui sera la courbe d'égale évolution moyenne de l'ensemble des étoiles doubles qui auront servi à la déterminer.

Les courbes d'égale évolution correspondant aux différents amas se ressemblent entre elles et leur allure générale commune nous guidera pour la détermination des courbes d'égale évolution à partir des étoiles doubles.

La figure 8 représente un certain nombre de courbes d'égale évolution déterminées à partir des amas ou à partir des étoiles doubles : à chacune d'elle correspond une lettre (a à j) qui permet de la caractériser.

Nous pouvons distinguer :

) Courbes d'égale évolution correspondant aux étoiles dont l'âge est égal ou supérieur à celui des Pléiades. Elles correspondent à des étoiles dont les âges sont compris entre 5×10^7 et $\sim 10^9$ années si l'on se réfère aux calculs les plus récents concernant l'âge des amas ouverts fait par Hoyle et ses collaborateurs [27] et caractérisées par une vitesse d'évolution relativement lente ; les étoiles B ont disparu ou sont au dessus de la série principale.

Ces courbes semblent en général bien définies soit par les étoiles des amas, soit par les étoiles doubles.

I) Courbe e. Elle est définie principalement par l'amas des Pléiades dont la séquence entre les types B6 et A avancé permet de la déterminer avec une grande précision. Sur cette séquence se place la composante faible de δ Cep (nº 75) : cette parenté de δ Cep B avec les étoiles B des Pléiades avait déjà été signalée par Bidelman, selon Eggen et Gascoigne [13] . Ceci nous autorise à prolonger la courbe e jusqu'à δ Cep A. Cette céphéide décrit dans le diagramme (λ_I, D) la courbe formée représentée approximativement en haut à droite de la figure 7b et que nous avons reproduite sur la figure 8.

Se rattachent également à la courbe e les étoiles doubles nos 24 et 4I. Cette dernière correspondrait peut-être mieux avec une courbe d'évolution un peu plus ancienne, surtout si l'on remarque que la composante A est une binaire à deux spectres et que le point qui la représente dans le diagramme λ_I, D correspondant à la superposition de 2 étoiles de magnitudes voisines, est difficile à interprêter surtout si elles ne sont pas identiques.

2) Courbe f. Elle est définie par les étoiles doubles nos I2-33-45-50-58 et correspond sensiblement, également, à l'amas M 39 dont la courbe moyenne, bien qu'un peu différente, a servi de base à sa détermination.

Les étoiles doubles 7 et 53 peuvent également être rattachées à cette courbe mais leurs composantes se trouvant au voisinage de la série principale ou les différentes courbes d'égale évolution tendent à se rejoindre, cette parenté reste incertaine.

Nous avons représenté sur la figure 9a la courbe f avec les étoiles doubles qui ont servi à la déterminer : c'est en somme une superposition des figures 8 et 9 dans la région correspondant à la courbe f.

3) Courbe g. (figure 9b) Elle est définie par les étoiles doubles suivantes : nº 26-36-42-44-47-5I-60-68 ; on peut lui rattacher également l'étoile nº I5 bien que ses deux composantes se placent sur la série principale en remarquant que la composante A est à peu près identique à la composante B de l'étoile nº 5I pour les 3 paramètres ϕ_b, D et λ_I.

Cette courbe g représente également assez bien la courbe d'égale évolution de l'amas Coma Berenices * et on peut en conclure que toutes les étoiles correspondantes ont sensiblement l'âge de Coma Berenices.

On pourrait dire également que toutes ces étoiles ont l'âge des

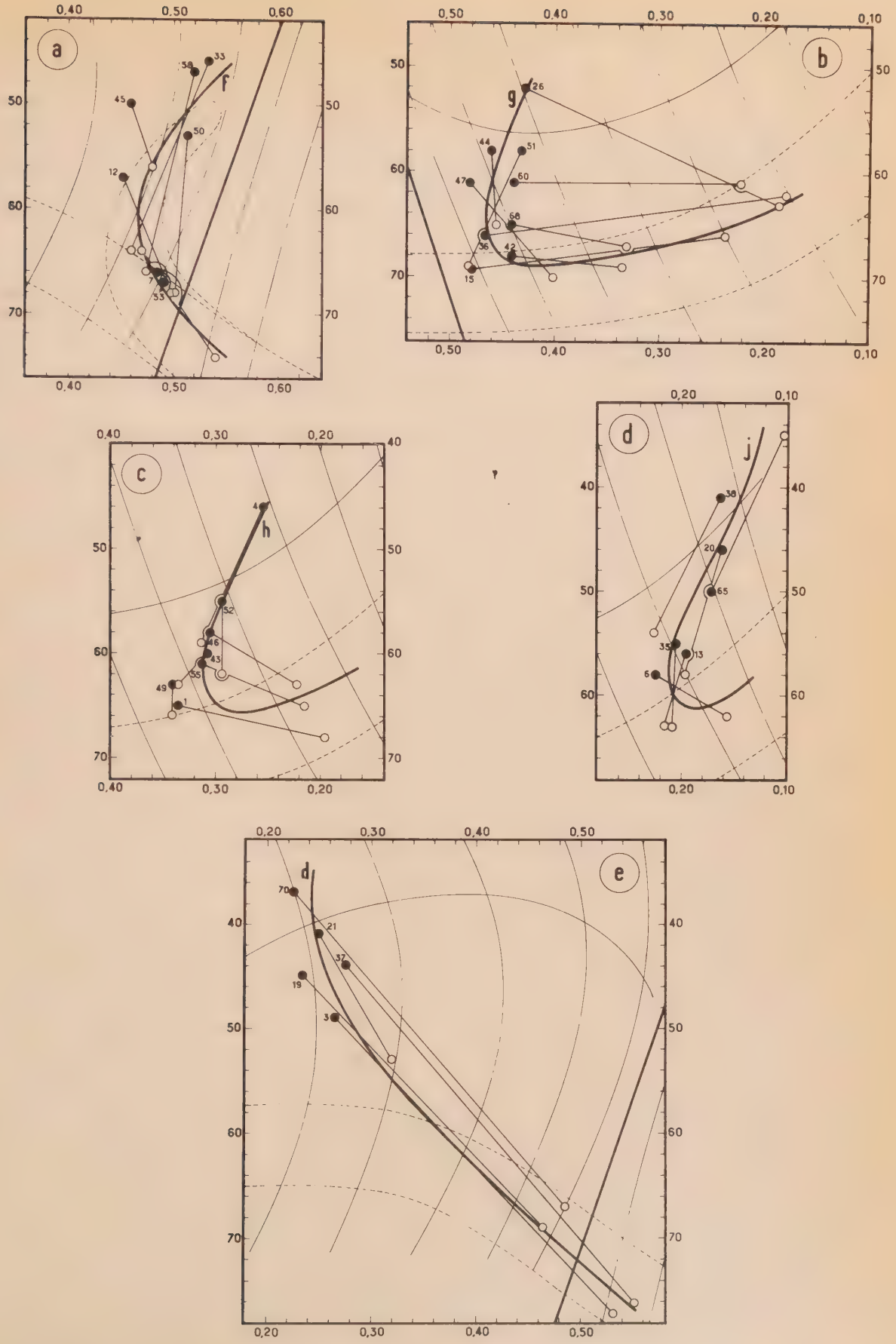
---

* Les étoiles de cet amas ont été publiées par Westerlund [I8] ; le tracé conventionnel du fond continu de l'ultraviolet ne correspond plus actuellement à celui qui était admis à l'époque ou Westerlund a fait cette étude pour les étoiles A avancées, A métalliques, fréquentes dans Coma et F -d'où une variation systématique de D et λ_I- Ceci peut expliquer le léger désaccord entre la courbe g et la courbe d'égale évolution de Coma Bérenices telle qu'on pourrait la tracer d'après le contour de l'amas. Une révision des mesures de Westerlund serait souhaitable.

...

Figure 9 : COURBES D'EGALE EVOLUTION DEFINIES PAR DES ETOILES DOUBLES DANS LE DIAGRAMME (λ_I,D)

Chacune de ces figures est un extrait du diagramme (λ_I,D) dans lequel nous avons superposé les courbes d'égale évolution de la figure 8 et les étoiles doubles correspondantes de la figure 7.


a
f
b
g
c
h
d
j
e
d

Hyades, mais cela n'apparaît pas nettement car sur le diagramme (λ_I,D) le "turn off" des Hyades ne forme pas une bande étroite mais constitue une zone large analogue à celle que l'on trouve pour les associations O B citées précédemment.

4) Courbes h et j (figures 9 c et 9 d). La courbe h est définie par les étoiles doubles numéros I-4-43-46-49-52-55.

La courbe j est définie par les étoiles doubles numéros 6-I3-20-35-38-65.

Ce sont des étoiles plus âgées que les Hyades et il serait intéressant de placer dans le diagramme (λ_I,D) les étoiles les plus brillantes de NGC 752 pour voir leur position par rapport aux courbes h et j, car cet amas se place aussitôt après les Hyades, par rang d'âge, dans le diagramme composite de Sandage [23] .

5) Stade d'évolution de α U Mi. α U Mi B se place dans le diagramme (λ_I,D) entre les courbes h et j et légèrement au dessus de la séquence principale telle que nous l'avons définie, ce qu'on pourrait interpréter en attribuant à α U Mi un stade d'évolution intermédiaire entre ceux des étoiles doubles correspondant aux courbes h et j donc une formation très ancienne antérieure à celle des Hyades.

Mais cette hypothèse ne repose que sur la position de α U Mi B au dessus de la séquence principale or une faible variation en λ_I suffirait pour ramener le point figuratif de α U Mi B à l'intérieur de celle-ci dont les limites, d'autre part ne sont pas fixées actuellement avec une grande précision. Cela s'accorderait avec le type MK donné par Morgan -F2 V- ou par Bidelman -F3 V- selon Eggen et Gascoigne [I3] ; dans ce cas nous ne pouvons plus déterminer à laquelle des courbes d'égale évolution a, b, ... h se rattache α U Mi par la position de la composante faible.

Par contre nous pouvons constater que le point figuratif de la composante brillante δ dans le diagramme (λ_I,D) se place à l'intérieur de la courbe fermée décrite par δ Cep A que nous avons rattaché à la courbe d'égale évolution des Pléiades ; le fait que ces deux étoiles soient l'une et l'autre des Céphéides est également en faveur de l'hypothèse d'un stade d'évolution analogue ; il en est de même pour les rougissements interstellaires très comparables (voir le chapitre II

...

la présence de matière interstellaire entre nous et ces systèmes proches indique que cette matière interstellaire est probablement liée à ceux-ci, ce qui est seulement le privilège des étoiles jeunes.

Cette hypothèse est confirmée par les études faites sur les céphéides d'amas. Les amas auxquels ont pu être rattachées des céphéides contiennent des étoiles B, rarement moins avancées que B3 et qui se trouvent fréquemment au dessus de la séquence principale si l'on se réfère aux types MK qui ont été déterminés pour les composantes les plus brillantes.

C'est le cas de M 25 qui contient la céphéide U Sgr [53], de NGC 6087 qui contient S Nor [54] -Fernie donne cet amas comme un peu plus jeune que les Pléiades-, de NGC 6664 avec EV Sct [55], de NGC 7790 avec CF Cas [55], de NGC I29 avec DL Cas [55]. Ce dernier amas contient également une composante de type F5 Ib qui se classerait probablement au voisinage de δ Cep A au maximum, dans le diagramme (λ_I,D) ; en effet cette étoile est à rapprocher de α Per, la composante la plus brillante de l'amas I Per dont l'étude est actuellement en cours à l'Institut d'Astrophysique. α Per -classée F5 Ib dans le système MK- a comme paramètres D = 0.395 et λ_I = 3726. I Per est probablement dans un état d'évolution très comparable à celui des amas précédents : ses composantes les moins avancées sont de type B3 IV.

Ces diverses considérations sont en faveur de l'hypothèse d'une formation relativement récente pour les céphéides de population I en général et δ Cep et α U Mi en particulier, conformément à leurs positions dans le diagramme (λ_I,D). α U Mi B serait peut-être encore dans la phase de contraction.

<u>Courbes d'égale évolution correspondant aux étoiles plus jeunes que les Pléiades c'est-à-dire qui se sont formées depuis moins de 5 x 10^7 années</u>. A l'échelle stellaire il s'agit d'étoiles très jeunes puisque l'intervalle de temps considéré ici est environ 100 fois plus petit que dans le groupe précédent A : mais il ne faut pas oublier que les courbes d'égale évolution ne peuvent être définies avec une certaine précision que dans la section où elles s'écartent de la série princi-

pale dans le diagramme (λ_I, D) ; elles seront donc caractérisées dans ce 2ème groupe par des étoiles massives à évolution très rapide. Nous utiliserons seulement les étoiles doubles ou multiples pour définir ces courbes, les associations d'étoiles jeunes étant soupçonnées de s'être formées en plusieurs condensations successives(exception faite de l'amas II Mon). Dans la liste du tableau III, les étoiles doubles, ayant une composante O ou B des premiers types, ne sont pas très nombreuses et la détermination des courbes d'égale évolution sera moins précise que dans le groupe A.

I) Courbe d. (figure 9e) Elle est définie par les systèmes nos 3-I9-2I 37-70.

Les composantes brillantes sont des étoiles B de type B3 à B5 qui ont quitté la série principale ; dans le système nº 2I, les 2 composantes sont de type B mais dans les autres systèmes la composante faible est de type A et se trouve sur la séquence principale ; il est probable que les étoiles B avancées B8-B9 ayant le même âge que les systèmes considérés ici, s'y trouveraient également mais nous n'en n'avons pas d'exemple caractéristique parmi les systèmes étudiés : il faudrait qu'il s'agisse d'un système B5 + B8 pour que la composante B5, se plaçant au dessus de la série principale, permette de rattacher ce système à la courbe d ; celle-ci n'étant pas très bien définie pour les types B6 à B9 nous l'avons tracée par analogie avec la courbe voisine e des Pléiades.

2) Courbe c. Elle est définie principalement par l'étoile double nº 66, 67 Oph, dont la composante brillante est une supergéante ; donc son tracé est incertain entre les 2 composantes : à cette courbe se rattachent également les étoiles doubles nos 67-69-77 et à la rigueur le nº 25.

3) Courbes b et b'. La courbe b est définie par les étoiles doubles nos I6-22-28-29.

Le nº I6 est ζ Per et appartient à II Per, les nos 28 et 29 appartiennent à l'agrégat I Ori : les âges de ces 2 amas sont effectivement très comparables selon Blaauw [20] et réunissent l'un et l'autre

...

des étoiles qui se sont formées au cours de condensations successives [20] ; pourtant cette courbe réunit la plupart des étoiles de l'amas II Per mais nous devons rappeler que la classification tridimensionnelle devient moins précise dans cette partie du diagramme (λ_I, D) car D est petit et ne varie que très peu en fonction du type spectral et la détermination précise de λ_I est difficile ; il serait donc illusoire de vouloir distinguer des étoiles dont les âges sont certainement très peu différents.

La courbe b' est définie seulement par le couple de supergéantes nº 9, γ Cas ; son tracé est donc très incertain, mais son intérêt est de relier 2 étoiles de très grande masse et de type spectral très différent : B5 et F0.

Ceci met en évidence le fait que la vitesse d'évolution croît très rapidement avec la masse.

Nous avons relié par un pointillé sur la figure 9 les courbes b et b'. Ceci est évidemment très arbitraire et exprime seulement que ces 2 courbes sont définies par des étoiles jeunes dont les âges sont comparables.

4) Courbe a. Cette courbe correspond aux étoiles dont la formation est la plus récente ; elle se distingue très nettement des précédentes par le fait qu'elle ne possède pas de branche au dessus de la séquence principale analogue aux "turn off" de Sandage.

Elle est définie par les étoiles de l'amas II Mon, donc correspond à la courbe moyenne de la séquence principale dans le domaine des étoiles B et quitte ensuite celle-ci ; les étoiles plus avancées que A0 sont encore dans la phase de contraction [25].

Nous rattacherons à cette courbe les systèmes d'étoiles dont la composante brillante est de type O naine. Ambarzumian a établi un catalogue [28] dans lequel il a réuni les associations OB , à composantes très serrées dont la composante la plus brillante est une étoile naine de type O ; l'exemple le plus remarquable étant le "trapèze d'Orion". Parmi les étoiles étudiées ici, 3 systèmes figurent dans ce catalogue : les nºs 31 (σ Ori), 39 (S Mon l'étoile la plus brillante de II Mon) et 74.

...

Le système multiple nº 30 (ι Ori) semblerait à priori se rattacher à cette courbe a, mais la composante brillante est de type 09 III selon Morgan [29] et la composante C est une étoile A naine qui se place très bas sur la séquence principale dans le diagramme (λ_I, D) donc elle n'est plus dans la phase de contraction. Nous rattacherons donc de préférence le système de ι Ori à la courbe b qui réunit déjà d'autres étoiles appartenant à I Ori.

Par contre nous rattacherons à la courbe a les systèmes n^{os} 40 et 76. Le premier appartient à II Mon, et deux des composantes sont encore dans la phase de contraction (voir la note 25 qui suit le tableau III). Le deuxième (8 Lac) appartient à I Lac ; les trois composantes étudiées ici se placent sur la séquence principale région des B et il est difficile de leur assigner un âge précis. Mais il existe une quatrième composante ADS I6095 C (m_v = I0) dont nous n'avons pas de spectre, mais des mesures photoélectriques faites en collaboration avec Lenouvel à l'Observatoire du Pic du Midi en I956, attribuent à cette étoile [50] un indice de couleur B-V = + 0.54 ce qui, même tenant compte du rougissement interstellaire que subit le système 8 Lac (E = + 0.I0 selon Harris III [30]), semble indiquer qu'il s'agit d'une étoile F d'après la correspondance B-V et type spectral de Morgan et Johnson [29] . Si on adopte pour 8 Lac le module de distance donné pour I Lac [30] soit 8.4, on trouve comme magnitude absolue pour ADS I6095 C $M_v \sim$ + I.5, ce qui est beaucoup trop brillant pour une étoile F de la série principale. Ceci semble indiquer que ADS I6095 C est encore au dessus de la série principale dans la phase de contraction. Cette hypothèse est confirmée par l'étude des étoiles plus avancées que B5 de l'amas I Lac faite par Hardie et Seyfert [3I] qui trouvent, pour cet amas, un diagramme couleur-luminosité ressemblant à celui de II Mon [25] .

Ainsi la position sur le diagramme (λ_I, D) des étoiles doubles ou multiples possédant des composantes massives de type O ou B des premiers types, nous a permis de distinguer plusieurs courbes d'égale évolution qui semblent assez bien définies dans la région occupée par les amas I Ori, II Per, I Lac et II Mon. Nous avons vu que la courbe b semble contenir la plupart des étoiles de II Per à l'exception de ξ Per, HD 2I483 et peut-être o Per ; ξ Per se rattacherait

...

plutôt à la courbe a et HD 21483 à la courbe c.

Nous avons vu que les étoiles de I Ori placées sur le diagramme (λ_1, D) se rattachent soit à la courbe b, soit à la courbe a (système de σ Ori, ou "trapèze d'Orion" non étudié ici).

De même dans I Lac nous pourrons distinguer plusieurs sous-groupes d'âge différent, le plus jeune est formé par les étoiles B se plaçant sur la séquence principale; parmi ceux-ci l'étoile multiple nº 76 (8 Lac) qui se rattacherait à la courbe d'égale évolution a et l'étoile 09 V 10 Lac; six autres étoiles de I Lac se placent sur la séquence principale et si on considère leur position dans le ciel par rapport à celle occupée par l'ensemble de l'amas (fig. 10) on peut constater que, à une exception près, elles se placent dans un domaine très restreint relativement aux dimensions apparentes de l'amas, ce qui confirme l'hypothèse d'une association O B très jeune au début de son expansion; Blaauw[51] et Crawford [52] arrivent à des conclusions analogues. Les autres étoiles de I Lac se placent au-dessus de la séquence principale, mais il semble difficile de les réunir en un ou deux sous-groupes bien définis car elles sont très dispersées dans le diagramme (λ_1, D): ainsi HD 214240 serait la plus ancienne des étoiles de I Lac actuellement classée dans le système tridimensionnel et se rattacherait à la courbe d'égale évolution d; les deux variables de type β C Ma, 12 et 16 Lac seraient plus jeunes, vu leur position entre les courbes b et c sur le diagramme.

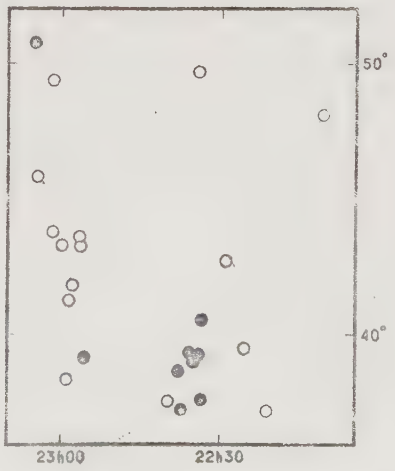


Figure 10: REPARTITION DANS LE CIEL DES ETOILES BRILLANTES DE I LAC.

- Etoiles de la séquence principale dans le diagramme (λ_1, D)
- Etoiles ayant quitté la séquence principale.

Remarque sur le stade d'évolution des variables de [illegible]

façon plus générale considérons les variables de ce type qui sont actuellement classées dans notre système. Le tableau VII en donne la liste avec leur période (d'après Schmalberger [34]).

TABLEAU VII

Variables de type β C Ma

	Période (heures)
β C Ma	6,0
β Cep	4,6
12 Lac	4,6
16 Lac	4,1
σ Cet	3,9
γ Peg	3,6

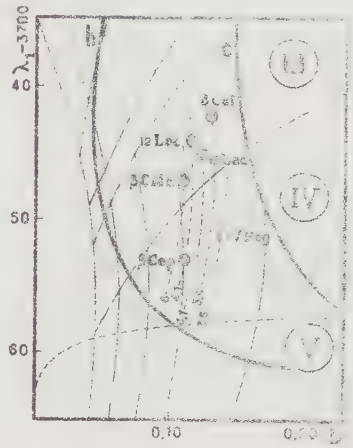


Figure 11: [illegible]
DIAGRAMME (λ_1, D) DES ETOILES [illegible]
DE TYPE β C Ma

La figure 11 reproduit la partie du diagramme (λ_1, D) [illegible] se placent ces étoiles; on peut constater qu'elles sont dans une étroite région du diagramme (λ_1, D) et on peut conclure qu'elles sont toutes approximativement au même stade d'évolution. [illegible] entre les courbes b et c. La famille de courbes en trait discontinu donne une idée du lieu géométrique des points figuratifs des étoiles β C Ma ayant une période donnée (de $3^h,6$ à 6^h). Cette figure est à rapprocher de celle donnée par Stableford et Abhyankar [35].

Nous avons rassemblé dans le tableau VIII les éléments concernant l'âge et l'état d'évolution des amas et des étoiles doubles ou multiples étudiés.

A chaque courbe d'égale évolution indiquée dans la colonne (I) par la lettre qui la caractérise correspondent les amas ou associations et les étoiles doubles et multiples des colonnes (2) et (3) ; lorsque nous attribuons à certaines étoiles un âge intermédiaire entre ceux de 2 courbes consécutives, celles-ci sont indiquées sur la même ligne les lettres correspondantes reliées par un trait horizontal.

Les associations formées en plusieurs condensations successives sont citées pour chaque courbe d'égale évolution qui correspond à certaines de leurs composantes ; entre parenthèses l'abréviation"part." signifie partiel, pour rappeler que l'âge correspondant n'est attribué qu'à une partie de l'association;les étoiles doubles sont données par leur numéro d'ordre du tableau III.

La colonne (4) contient pour chaque courbe d'egale évolution les types spectraux extrêmes des étoiles situées sur la séquence principale d'âge zéro telle qu'elle a été définie dans le diagramme (λ_I, D); si un seul type spectral est indiqué,suivi d'un trait horizontal,cela signifie que toutes les étoiles de type plus avancé correspondant à cet état d'évolution et qui ont été étudiées se trouvent sur la séquence principale.

La colonne (5) contient pour chaque courbe d'égale évolution le type spectral le moins avancé, sans tenir compte de la classe de luminosité et la colonne (6), des n^{os} se rapportant à des notes qui suivent le tableau VIII.

Tableau VIII

ourbes e évolution	(2) Amas ou étoiles particulières	(3)Etoiles multiples	(4)Séquence principale	(5)Premier type	(6) Notes
a	II Mon I Ori (part.) I Lac (part.)	("trapèze d'Orion"): 3I-39-74. 40-76.	B0-B9	0	
b	II Per (part.) I Ori (part.)	I6-22-28-29. I7-30.	B2-A2	~ 09	I
b'		9.			
b-c	variables de type β C Ma I Lac (part.)	72.	-	BI	
c	I Lac (part.) II Per (part.)	66-67-69-77. 25-69.	B5-	B2	
d	I Lac (part.)	3-I9-2I-37-70.	B7-	B4-5	
e	Pléiades Cepheides : δ Cep	24-4I. 75.	A0-	B6	
e-f		2.			2
f	M 39	I2-33-45-50-58 7-53. I8.	A0-	B9	2
f-g		63-64-7I.			
g	Coma Berenices Hyades	26-36-42-44-47-5I -60-68. I5.	A2-	A2	
g-h		8-II-54-57.			
h		I-4-43-46-49 -52-55.	F0-	F0	
j		6-I3-20-35-38- -65.	F5	F5	

:

I7 - (ε Per) - est rattaché à la courbe d'égale évolution b d'après position dans le diagramme λ_I, D de la composante brillante ; la composante B que nous n'avons pas pu classer (voir note II qui suit le tableau I) serait une étoile A de la séquence principale.

2 et Nº I8 - Les composantes faibles de ces 2 étoiles doubles sont de pe très avancé et leurs spectres faits avec un élargissement minimum oir p. 7) sont difficiles à étudier avec précision ; le λ_I est notamment ès incertain et nous avons admis que ces 2 étoiles se plaçaient normalent sur la séquence principale.

4) Conclusion.

L'étude de la position relative des associations et amas ouverts et des étoiles doubles et multiples dans le diagramme (λ_I, D) nous a permis de retrouver, en les précisant, les enseignements des diagrammes composites couleur-luminosité :

a) existence d'une séquence principale lieu des points occupés dans le diagramme (λ_I, D) par les étoiles de différentes masses initiales à la fin de la phase de contraction.

Celles-ci restent d'autant moins longtemps sur la séquence principale qu'elles sont plus massives, d'où les "turn off" dessinés par les étoiles les moins avancées de chaque amas ouvert et par les composantes brillantes d'un nombre important de systèmes binaires.

b) analogie entre les amas et les étoiles doubles et multiples au point de vue évolutif permettant de préciser à l'aide de ces dernières les courbes d'égale évolution correspondant à des âges très divers.

Chapitre IV

ESSAI D'ETALONNAGE EN MAGNITUDES ABSOLUES DU SYSTEME DE CLASSIFICATION TRIDIMENSIONNELLE.

Introduction.

Nous savons qu'il est possible à l'aide d'un réseau de courbes tracées dans le diagramme (λ_I, D) d'établir une correspondance généralement satisfaisante, entre les différents quadrilatères curvilignes déterminés par celles-ci et les types spectraux du système de classification MK [7] . Cette méthode a été utilisée pour déterminer les types MK des étoiles doubles contenues dans le tableau III.

A chaque type MK -type spectral et classe de luminosité- correspond un ensemble d'étoiles possédant des propriétés physiques assez voisines mais néanmoins différentes, parmi lesquelles la magnitude absolue dont la détermination précise a fait l'objet de nombreuses recherches, notamment pour les étoiles des premiers types ; des résultats d'ensemble ont été publiés récemment par Johnson et Iriarte [36] .Pour chaque type MK une magnitude absolue moyenne est déterminée, néanmoins il subsiste une dispersion systématique dans les valeurs obtenues pour les magnitudes absolues individuelles, due au fait que ce système de classification est discontinu.

Ainsi à chaque quadrilatère curviligne du diagramme (λ_I, D), nous pouvons faire correspondre une magnitude absolue moyenne, mais le système de classification tridimensionnelle étant continu pour ses 3 paramètres, il sera plus intéressant d'essayer de déterminer la variation continue de la magnitude absolue en fonction de ces paramètres.

Première méthode

LA MAGNITUDE ABSOLUE EST CONSIDEREE COMME UNE FONCTION DE POINT DE L'ESPACE E.

Les propriétés générales d'une étoile peuvent être assez bien déterminées, semble-t-il, par la connaissance de ses 3 paramètres

...

Φ_b, D, λ_I définissant un point de l'espace E. Inversement, à chaque point de cet espace E, avec la restriction qu'il se trouve dans un certain domaine limité de cet espace E entourant la surface Σ[7-8], correspond un type d'étoile ayant des propriétés bien définies parmi lesquelles la magnitude absolue.

En d'autres termes, la magnitude absolue M_v peut être considérée comme une fonction de point de l'espace E ; il lui correspond un vecteur grad M de composantes $\frac{\partial M}{\partial \Phi_b}$, $\frac{\partial M}{\partial D}$, $\frac{\partial M}{\partial \lambda_I}$.

Si dans certaines régions de l'espace E le champ de vecteurs grad M peut être considéré comme sensiblement uniforme et qu'on puisse déterminer la valeur moyenne des trois composantes, il sera possible connaissant la magnitude absolue d'un point d'une telle région, de déterminer la magnitude absolue de tous les points de celle-ci.

Or si nous considérons les 2 composantes d'une étoile double dont la différence de magnitude visuelle est Δm et les différences entre les coordonnées homologues, $\Delta \Phi_b$, ΔD et $\Delta \lambda_I$ on peut écrire la relation :

(I) $\Delta m = \Delta M = \frac{\partial M}{\partial \Phi_b} \Delta \Phi_b + \frac{\partial M}{\partial D} \Delta D + \frac{\partial M}{\partial \lambda_I} \Delta \lambda_I$ si on fait l'hypothèse précédente : les composantes du vecteur grad M sont constantes dans la partie de l'espace E entourant les 2 composantes.

L'équation précédente apparaît alors comme une équation linéaire à 3 inconnues :

$$\frac{\partial M}{\partial \Phi_b} = x \qquad \frac{\partial M}{\partial D} = y \qquad \frac{\partial M}{\partial \lambda_I} = z$$

Posons :

$\Delta \Phi_b = A$

$\Delta D = B$

$\Delta \lambda_I = C$

$\Delta M = D$

Ces valeurs sont définies par la connaissance des paramètres des 2 composantes et par la mesure de la différence de leurs magnitudes visuelles apparentes

...

L'équation (I) est donc de la forme :

(II) $\quad Ax + By + Cz = D$

Si nous considérons n étoiles doubles occupant une certaine région R de l'espace E ou grad M = c^{te} on pourra écrire un système de n équations à 3 inconnues de la forme (II).

La résolution d'un tel système par la méthode des moindres carrés donnera une solution approchée : si les inconnues ainsi déterminées satisfont avec une approximation raisonnable aux n équations on pourra en déduire que l'hypothèse de la constance de grad M dans la région R est légitime.

Application au domaine des étoiles A avancées et F naines et sous-géantes. Cette méthode appliquée aux étoiles de type A5 à F6 de classes de luminosité IV et V, c'est-à-dire :

$$\lambda_I - 3700 > 50$$
$$1.30 > \phi_b > 2.20$$
$$0.50 > D > 0.15$$

conduit en utilisant 19 couples différents d'étoiles doubles aux valeurs suivantes :

$$\frac{\partial M}{\partial \phi_b} = -3.3$$
$$\frac{\partial M}{\partial D} = -15.5 \qquad \text{(III)}$$
$$\frac{\partial M}{\partial \lambda_I} = +0.094$$

Le tableau IX donne le schéma de l'ensemble des données du calcul : Les colonnes I, 2, 3 contiennent respectivement le numéro de l'étoile double donné dans le tableau III, le numéro ADS et éventuellement le nom de l'étoile (ou le numéro HR ou HD). Dans les colonnes 4, 5, 6 sont données les différences de ϕ_b, D, λ_I entre les 2 composantes, dans les colonnes 7 et 8, la différence de magnitude mesurée, $\Delta m_{mes.}$ et la différence de magnitude calculée, $\Delta m_{cal.}$ en utilisant le système (III), dans la colonne 9, les écarts entre les différences de ma-

...

gnitudes observées et calculées soit e.

On peut constater que ces écarts sont presque toujours inférieurs ou égaux à 0.5 magnitude : c'est un résultat satisfaisant ; on ne peut attendre mieux, d'une part à cause des erreurs possibles sur les déterminations des valeurs des 3 paramètres pour les étoiles étudiées, d'autre part à cause des Δm faussés systématiquement dans le cas où une composante d'étoile double visuelle est elle-même formée de 2 étoiles très serrées et de magnitudes assez voisines ; de plus le spectre étant composite l'interprétation des 3 paramètres correspondants est difficile.

Tableau IX

(1) Nº	(2) ADS	(3) Nom	(4) $\Delta\phi_b$	(5) ΔD	(6) $\Delta\lambda_I$	(7) $\Delta m_{mes.}$	(8) $\Delta m_{cal.}$	(9) e
I	I9I	35 Psc	+0.3I	-0.I40	+3	+I.7	+I.4	+0.3
6	903	77 Psc	+0.25	-0.070	+4	+0.8	+0.6	+0.2
8	996	ζ Psc	+0.62	-0.2I0	0	+I.0	+I.2	-0.2
I3	I763	HD I4I89	+0.0I	+0.020	+7	+I.0	+0.3	+0.7
I5	2592	HR I068	+0.67	-0.245	-3	+I.5	+I.3	+0.2
26	3824	I4 Aur	+0.56	-0.245	+II	+2.9	+2.9	0
35	4849	HR 22I7	-0.07	+0.005	+8	+0.6	+0.9	-0.3
36	50I2	8 Mon	+0.62	-0.285	-4	+2.2	+2.I	+0.I
42	6004	20 Lyn	+0.32	-0.I05	+I	+0.2	+0.6	-0.4
43	6028	HD 57044	-0.I2	+0.030	+3	+0.4	+0.2	+0.2
44	-	HD 636I0	-0.02	-0.005	+7	+0.9	+0.8	+0.I
46	7342	HD 8I029	+0.I2	-0.085	+5	+0.9	+I.4	-0.5
49	7705	HR 402I	-0.I5	0	+3	+0.7	+0.8	-0.I
5I	8I9I	HD I00054	-0.I9	+0.050	+II	+0.8	+0.9	-0.I
52	8257	-	-0.I9	0	+7	+I.4	+I.3	+0.I
54	8406	2 Com	0	-0.040	+5	+I.4	+I.I	+0.3
55	8494	HD I06798	+0.23	-0.095	+4	+0.5	+I.I	-0.6
57	8657	HD II0886	-0.I7	+0.050	+9	+0.8	+0.6	+0.2
60	9I73	x Boo	+0.38	-0.220	0	+2.2	+2.I	+0.I

...

Application des résultats précédents à des étoiles dont la magnitude absolue est connue par d'autres méthodes. Le calcul précédent a été fait avec des étoiles A et F naines et sous-géantes ; il doit donc pouvoir s'appliquer à des étoiles de ces types là dont on connaît la magnitude absolue. Un certain nombre d'étoiles de ces types ont une parallaxe trigonométrique assez grande pour que l'estimation de leur magnitude absolue ait pu être faite avec une bonne précision ; c'est le cas en particulier, des Hyades dont on possède des modules de distance individuel s déterminés à partir de l'étude des mouvements propres [37].

Soit deux étoiles des Hyades situées dans la classification tridimensionnelle dans le domaine ou le calcul précédent a été fait : connaissant leurs 3 paramètres nous pouvons calculer leur différence de magnitude absolue exactement comme pour une étoile double en utilisant les valeurs de $\frac{\partial M}{\partial \phi_b}$, $\frac{\partial M}{\partial D}$, $\frac{\partial M}{\partial \lambda_I}$ déterminées (formules III) et comparer celles-ci à la valeur déduite des mesures de Heckmann et Johnson [37]. Plus généralement dans la région de l'espace E ou le système (III) est applicable on peut écrire en intégrant l'équation (I) mise sous forme différentielle :

$$M_v + c^{te} = \phi_b \frac{\partial M}{\partial \phi_b} + D \frac{\partial M}{\partial D} + \lambda_I \frac{\partial M}{\partial \lambda_I}$$

ϕ_b, D, λ_I étant les 3 paramètres d'une étoile classée dans la région R et les dérivées partielles étant les valeurs constantes déterminées (III).

Le tableau X donne la liste des étoiles utilisées dans la discussion qui suit celui-ci : Hyades et quelques étoiles à grande parallaxe avec leurs 3 paramètres ϕ_b, D, λ_I. Pour les Hyades, les numéros VB sont ceux de Van Bueren ; les magnitudes absolues sont celles de Heckmann et Johnson [37] ; les types MK sont ceux publiés par Treanor [38]. Pour les étoiles à grande parallaxe les types MK sont donnés par Johnson et Morgan [29], les magnitudes absolues sont données par Johnson et Morgan [29], par Harris [39] ou tirées du Catalogue de parallaxes trigonométriques de Jenkins [40] ; les numéros des références sont indiqués dans la dernière colonne du tableau X.

...

Tableau X

		M_v	type MK	ϕ_b	D	λ_I-3700	
VB	Hyades						
20	48 Tau	3.27	F2 IV-V	2.05	0.205	68	
24	5I Tau	2.22	A8	I.67	0.345	69	
30	57 Tau	2.63	(F0)	I.79	0.32	62	b.s.
3I		4.39	F8	2.48	0.09	50	
32	HD 27429	3.00	F5	I.9I	0.22	67	
33	58 Tau	2.08	F0	I.63	0.40	63	b.s.
35		3.54	F5	2.II	0.I5	63	
36		3.67	F5	2.06	0.I75	63	
38	60 Tau	2.83	Am	I.87	0.30	65	b.s.
47	64 Tau	I.86	A7 V	I.49	0.44	68	
48		4.20	F8	2.34	0.I0	52	
53	HD 2790I	2.90	(F2 IV-V)	I.94	0.26	66	
54	$\varkappa$ Tau	0.95	A7 V	I.43	0.485	63	
55	67 Tau	2.24	A7	I.6I	0.395	66	
56	68 Tau	I.28	A2 IV	I.23	0.495	70	
60	υ Tau	I.8I	F0 III-IV	I.8I	0.395	55	b.s. 2 spectres
62		4.I8	F8	2.23	0.II	6I	
72	θ^2 Tau	0.42	A7 III	I.56	0.45	65	b.s.
74	79 Tau	I.97	A7	I.65	0.405	68	
77		3.9I	F8	2.23	0.II	6I	
78		3.79	F6	2.I2	0.I5	70	
80	80 Tau	2.50	F0	I.73	0.325	67	
82	94 Hy.	I.80	A5	I.43	0.44	69	
83	8I Tau	2.37	Am	I.58	0.40	68	
84		2.40	F0	I.67	0.37	69	
85		3.48	F5	2.0I	0.I8	67	b.s.
89	85 Tau	2.95	(F2 V)	I.78	0.28	70	
95	86 Tau	I.58	F0 V	I.66	0.375	66	b.s. 2 spectres
I04	90 Tau	I.24	A5 V	I.20	0.5I	68	b.s.
I08	σ^2 Tau	I.3I	A5	I.53	0.445	66	
I29	ι Tau		A5	I.40	0.465	66	
I4I	7I Tau	I.46	F0 V	I.70	0.385	63	
	Note - b.s. signifie binaire spectroscopique						
Etoiles à grande parallaxe							
I	α CMi	2.67	F5 IV-V	2.05	0.205	60	[29]
2	α Aql	2.34	A7 IV-V	I.50	0.405	67	[29]
3	80 UMa	I.9	A5 V	I.40	0.43	70	[39]
4	δ UMa	I.2	A3 V	I.I0	0.50	7I	[39]
5	β Ari	I.8	A5 V	I.26	0.47	72	[40]
6	α Lyr	0.44	A0 V	I.05	0.525	63	[29]
7	α CMa	I.4	AI V	0.95	0.48	7I	[29]
8	λ Gem	I.6	A3 V	I.I6	0.495	70	[40]

...

(Tous les résultats concernant les 3 paramètres ϕ_b, D, λ_I des étoiles contenues dans le tableau X sont tirés de travaux collectifs effectués à l'Institut d'Astrophysique de Paris et qui seront prochainement publiés. Sans être définitifs ces résultats sont suffisamment précis pour pouvoir être utilisés ici).

Sur la figure I2 nous avons porté, en ordonnées, les magnitudes absolues calculées par cette méthode (M_v + c^{te}) pour les Hyades contenues dans le tableau X et en abscisses les magnitudes absolues de Heckmann et Johnson [37], à côté de chaque point ainsi obtenu est indiqué le numéro VB correspondant. Si grad M est constant dans la région R avec pour composantes les valeurs (III) les points doivent être répartis sur une droite parallèle à la première bissectrice ; on peut effectivement tracer cette droite xy, pour un certain nombre de points la dispersion est faible et peut être attribuée à l'imprécision des mesures des coordonnées dans l'espace E : la plupart des étoiles ne sont mesurées que 4 ou 6 fois ce qui ne permet pas une grande précision. Néanmoins il faut remarquer que les points correspondant aux étoiles F plus avancées que F2 sont en majorité au dessus de xy ; par contre les points correspondant aux étoiles F les plus avancées dont nous ayons quelques mesures types F8 - G0, donc hors de la région R, se placent très en dessous de xy. A l'autre extrémité de xy les points correspondant à 68 Tau, 90 Tau, θ^2 Tau qui sont parmi les étoiles les moins avancées de l'amas sont également au dessus de xy. Enfin υ Tau qui est l'étoile la plus éloignée de la série principale dans le diagramme (λ_I, D) donne un point anormalement bas par rapport à xy. De ces différentes constatations nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

I- la constance de grad M dans la région R est assez bien vérifiée sur les Hyades mais on peut néanmoins soupçonner une certaine évolution de ce vecteur vers les types F2 à F6 ;

2 - une variation rapide de grad M est mise en évidence pour les types F les plus avancés et on ne peut pas utiliser le système (III) pour déterminer la magnitude absolue des étoiles F6 à F8 ;

3 - la variation de grad M est moins nette vers les A des premiers types, mais les exemples des Hyades sont insuffisants pour conclure. Si

...

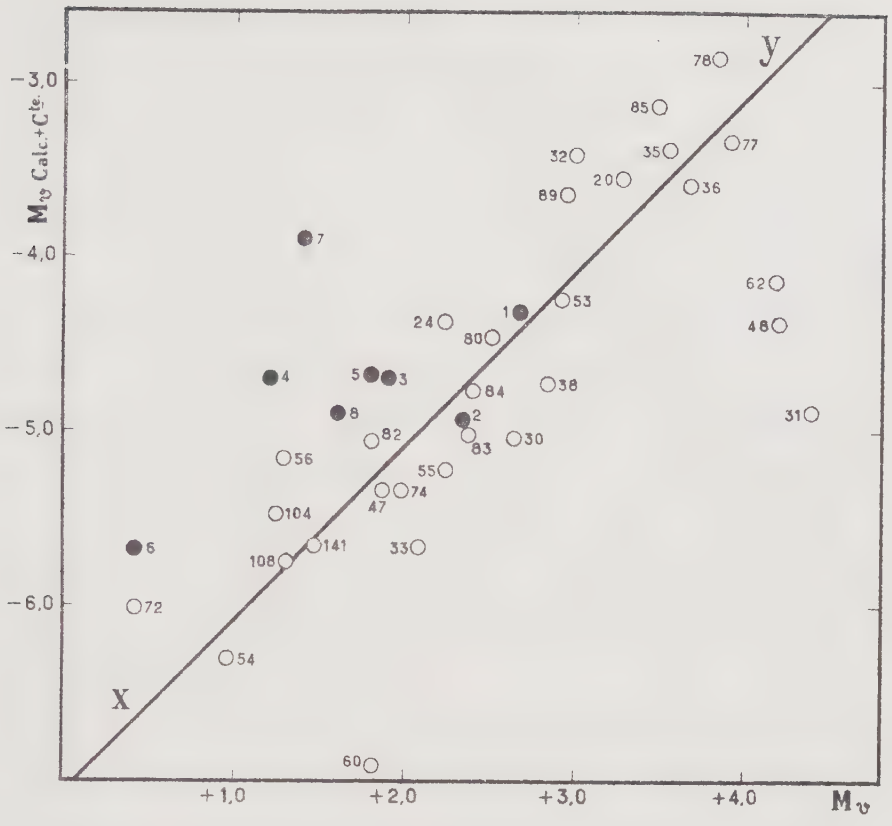
Figures I2 et I3 : MAGNITUDES ABSOLUES CALCULEES A PARTIR DES 3 PARAMETRES π_b, D, λ_I EN FONCTION DES MAGNITUDES ABSOLUES DETERMINEES PAR L'ETUDE DES MOUVEMENTS PROPRES POUR LES HYADES ET QUELQUES ETOILES A GRANDE PARALLAXE.

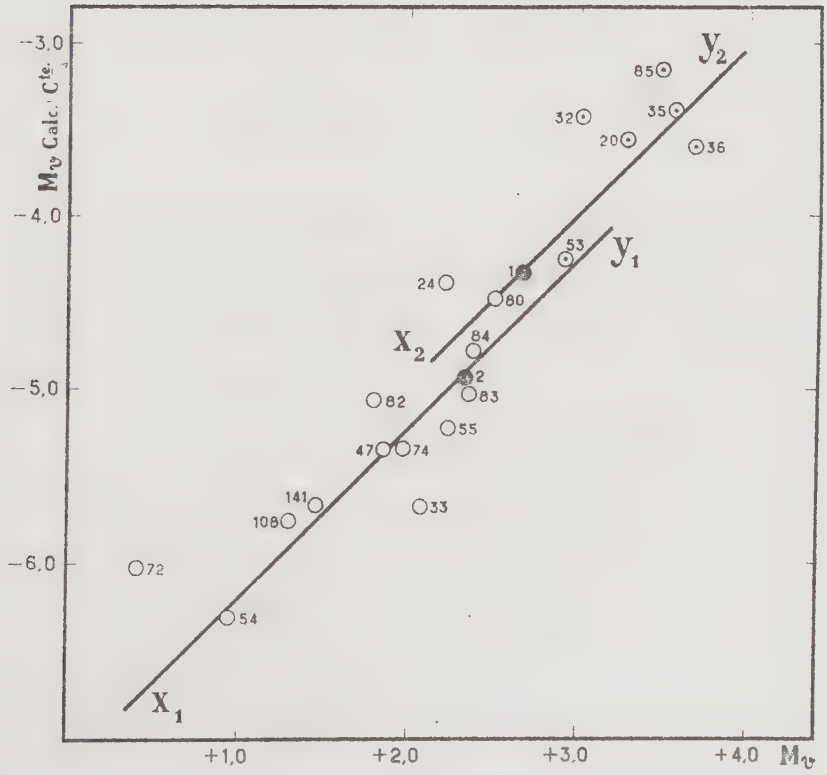
● Etoiles à grande parallaxe
○ Hyades

Les numéros indiqués à côté de chaque point sont ceux de la première colonne du tableau X.

La figure I2 contient toutes les étoiles du tableau X à l'exception de ι Tau. La droite XY est une parallèle à la première bissectrice dont la position est définie par l'ensemble des points.

La figure I3 ne contient qu'une partie des étoiles du tableau X ; celles qui se classent dans les régions RI et R2 de l'espace E (voir p. 69-70). Les droites X_IY_I et X_2Y_2 sont des parallèles à la première bissectrice dont la position est définie respectivement par les étoiles des régions RI et R2.


y
x
78
85
32
35
77
20
89
36
7
62
53
1
24
46
80
4
5
3
84
38
8
2
31
82
83
30
56
55
74
47
104
6
141
33
108
72
54
60
−3,0
−4,0
−5,0
−6,0
+1,0
+2,0
+3,0
+4,0
M_v Calc.+Cte.
M_v


y_2
y_1
x_2
x_1
85
32
35
20
36
53
1
24
60
84
2
82
83
55
47
74
141
33
108
72
54
−3,0
−4,0
−5,0
−6,0
+1,0
+2,0
+3,0
+4,0
M_v Calc. Cte.
M_v

nous rajoutons sur la figure I2 les quelques étoiles A0 à A5 à grande parallaxe contenues dans le tableau X : 80 UMa (A5 V), λ Gem (A3 V), δ UMa (A3 V), α CMa (AI V), α Lyr (A0 V), β Ari (A5 V) les points correspondants dont les numéros sont ceux de la première colonne du tableau X se placent tous au dessus de xy comme pour 68 Tau et 90 Tau : donc la variation de grad M devient appréciable pour les types moins avancés que A5. Par contre les étoiles à grande parallaxe α Aql (A7 IV-V) et α CMi (F5 IV-V) de type plus avancé se placent bien par rapport à xy.

La conclusion générale à tirer de l'étude précédente est que le calcul des magnitudes absolues dans la région R au moyen des valeurs constantes (III) trouvées pour les dérivées partielles est possible mais il est préférable de procéder de la façon suivante pour limiter l'importance des erreurs systématiques, dues à la variation lente probable de grad M dans cette région :

Partir d'une étoile de magnitude absolue connue aussi proche que possible dans la classification tridimensionnelle de l'étoile dont la magnitude absolue est à déterminer ; ainsi dans la formule

$$\frac{\partial M}{\partial \phi_b}\Delta\phi_b + \frac{\partial M}{\partial D}\Delta D + \frac{\partial M}{\partial \lambda_I}\Delta\lambda_I = \Delta M$$

les valeurs de $\Delta\phi_b$, ΔD, $\Delta\lambda_I$ seront petites et l'erreur sur ΔM due au fait que les valeurs (III) des dérivées partielles ne sont que des valeurs approchées sera également réduite.

<u>Détermination de la magnitude absolue des composantes des étoiles doubles A et F situées dans la région R</u>. Pratiquement nous allons distinguer plusieurs parties dans la région R que nous traiterons séparément dans le calcul des magnitudes :

I) Région A5-F2 = R_I définie dans la classification tridimensionnelle par les étoiles des Hyades suivantes :
VB : 24, 33, 47, 54, 55, 72, 74, 80, 82, 83, 84, I08, I4I et par l'étoile à grande parallaxe α Aql.

Ces étoiles définissent dans la classification à 3 dimensions un parallélépipède dont les coordonnées extrêmes sont approximativement :

...

pour ϕ_b I.40 et I.75 ;

pour D 0.30 et 0.49 ;

pour λ_I 3762 et 3770 .

Reprenons le diagramme ($M_v + c^{te}$, M_v) de la figure I2 mais portons sur celle-ci uniquement les points correspondant aux étoiles des Hyades précédentes qui se trouvent dans R_I ainsi que α Aql ; ils définiront une droite $x_I y_I$ parallèle à la première bissectrice, mais différente de xy (fig. I3). C'est à partir de cette droite que nous déterminerons les magnitudes absolues des composantes des étoiles doubles se trouvant classées dans la région R_I.

Pour chaque étoile on détermine la magnitude absolue + C^{te} exactement comme on l'a fait pour les composantes des Hyades; on porte la valeur obtenue en ordonnées, l'abscisse du point correspondant de la droite $x_I y_I$ représente la magnitude absolue de l'étoile étudiée.

2) Région F3-F6 = R_2 définie de la même manière par les étoiles des Hyades suivantes :

VB : 20, 32, 35, 36, 53, 85 et l'étoile à grande parallaxe α CMi qui déterminent un parallélépipède de coordonnées extrêmes :

pour ϕ_b I.90 et 2.I5

pour D 0.I5 et 0.27

pour λ_I 58 et 68

Sur la même figure nous portons les points correspondant aux étoiles précédentes qui définiront une parallèle à la première bissectrice, $x_2 y_2$, différente de $x_I y_I$ et de xy.

Pour définir $x_2 y_2$ nous avons tenu compte principalement de α CMi qui est l'étoile la mieux connue de la région R_2 (I0 déterminations); les étoiles des Hyades de cette région ne sont connues que par 4 à 6 déterminations, souvent avec des spectres pas très bons.

La droite $x_2 y_2$ permettra de déterminer la magnitude absolue des composantes des étoiles doubles se classant dans la région R_2.

Le tableau XI donne la liste des étoiles doubles dont une des composantes se trouve dans une des régions R_I ou R_2. ...

Tableau XI

Nº	ADS		Nom	type MK	M_V	Notes
I	I9I	A	35 Psc	F0 IV	+I.7	
		B		F3-5 V	+3.4 (R_2)	
6	903	A	77 Psc	F3-5 IV	+2.5 (R_2)	
		B		F6-7 V	+3.3	
8	996	A	ζ Psc	A9-F0 IV-V	+2.0 (R_I)	
		B		F5-6 V	+3.0	
I0	I477	A	α UMi	Cep.	~-4.0	I
		B		F2-3 IV	+2.5 (R_2)	
II	I563	A	λ Ari	A9-F0 IV	+I.8 (R_I)	
		B		F7-8 V	+4.4	
I3	I763	A	HD I4I89	F5-6 IV	+2.I	
		B		F3-5 V	+3.I (R_2)	
I5	2592	A	HR I068	A3-5 V	+I.4	
		B		F2-3 V	+2.9 (R_I)	
20	3243	A	HR I406	F8 III-IV	+0.5	
		B		F5-6 IV	+2.3 (R_2)	
26	3824	A	I4 Aur	A9-F0 III	+0.2	
		C		F3-5 V	+3.I (R_2)	
35	4849	A	HR 22I7	F5-6 IV	+2.6	
		B		F3-5 V	+3.2 (R_2)	
36	50I2	A	8 Mon	A5-6 IV	+0.8	2
		B		F5-6 V	+3.0 (R_2)	
42	6004	A	20 Lyn	A5-6 V	+2.6	
		B		F0 V	+2.8 (R_2)	
43	6028	AB	HD 57044	FI-2 IV	+2.0	
		C		F0-I IV	+2.4 (R_I)	
44	-	A	HD 636I0	A6-7 III-IV	+0.6	
		B		A5-6 IV	+I.5 (R_I)	
46	7342	A	HD 8I029	FI-2 IV	+2.0	
		B		F3-5 V	+2.9 (R_I)	
48	7438	A	HD 82780	F2-3 V	+I.9	3
		B		F5-6 V	+3.3 (R_2)	
54	8406	A	2 Com	A7-9 IV	+I.0	
		B		F0 IV	+2.4 (R_I)	
55	8494	A	HD I06798	FI-2 IV	+2.7	
		B		F3-5 V	+3.2 (R_2)	
56	8568	A	I7 Com	Ap	+0.9	
		B		A7-9 V	+2.3 (R_I)	

...

Tableau XI (suite)

Nº	ADS	Nom	type MK	M_V	Notes
57	8657 A	HD II0886	F0 IV	+I.2	
	B		A7 V	+2.0 (R_I)	
60	9I73 A	χ Boo	A7 IV	+0.6	
	B		F3-5 IV-V	+2.8 (R_2)	
73	I5I47 A	3 Peg	A2-3 V	+I.I	
	B		FI-2 V	+2.6 (R_2)	

Notes. -

I - Le calcul de la magnitude absolue de α UMi B a été fait en admettant le même excès de couleur dû à la matière interstellaire que dans le chapitre II ; Kraft en partant également de la composante faible mais en admettant a priori qu'elle se trouve sur la séquence principale en déduit pour α UMi A $M_v = -3.05$ [4I].

2 - 8 Mon. Le calcul de la magnitude absolue aurait pu se faire en partant de la composante brillante qui se classe dans la région R_I ; mais nous avons préféré partir de la composante faible connue par un plus grand nombre de spectres (I4). Les 2 résultats diffèrent de 0.4 magnitude.

3 - ADS 7438 A et B. Le calcul de la magnitude absolue pourrait se faire à la rigueur en partant de la composante brillante qui se classe à la limite de la région R_2 telle que nous l'avons définie ; les résultats obtenus sont très différents : M_v (A) = +3.I ; M_v (B) = +4.5. Cela signifie que les valeurs (III) ne rendent pas compte d'une façon satisfaisante de la position relative dans l'espace E des 2 composantes de cette étoile double étant donnée leur différence de magnitude : celle-ci semble trop grande pour 2 étoiles de types assez voisins. Nous proposons l'explication suivante : la composante brillante sur laquelle nous n'avons pas de renseignement serait elle-même une binaire formée de 2 composantes sensiblement égales ; conséquence Δm trop grand, λ_I trop grand (voir à ce sujet la note 25 qui suit le tableau III).

...

Les colonnes I, 2, 3 contiennent le numéro d'ordre de l'étoile dans le tableau III, le numéro ADS et le nom de l'étoile (ou le numéro HR ou HD). Le type MK porté dans la colonne 4 est tiré du tableau III. La colonne 5 contient la magnitude absolue calculée par la méthode précédente pour une des composantes de chaque étoile double ; entre parenthèses est indiquée la région R_I ou R_2 à laquelle elle appartient (la magnitude absolue a été lue sur $x_I y_I$ ou $x_2 y_2$ de la figure I3). De celle-ci on déduit immédiatement la magnitude absolue de l'autre composante, indiquée dans la même colonne en lui ajoutant la différence de magnitude entre les 2 composantes. La dernière colonne contient des numéros se rapportant aux notes qui suivent le tableau XI.

3) Un certain nombre d'étoiles doubles ont une composante au moins qui se classe dans la région R mais en dehors des domaines restreints R_I et R_2 occupés par les Hyades et les étoiles à grande parallaxe. Par hypothèse le calcul de sa magnitude absolue est encore possible en utilisant les valeurs (III) mais dans la formule

$$\frac{\partial M}{\partial \phi_b} \Delta\phi_b + \frac{\partial M}{\partial D} \Delta D + \frac{\partial M}{\partial \lambda_I} \Delta\lambda_I = \Delta M$$

les valeurs de $\Delta\phi_b$, ΔD, $\Delta\lambda_I$ seront souvent plus grandes que dans les 2 cas précédents, les étoiles de référence de magnitude absolue connue étant plus éloignées : d'où une possibilité d'erreur plus grande sur ΔM.

Pratiquement nous déterminerons la magnitude absolue de ces étoiles d'une façon analogue aux précédentes mais en utilisant la droite xy qui a une position intermédiaire entre $x_I y_I$ et $x_2 y_2$.

Le tableau XI bis contient ces étoiles doubles. La signification des diverses colonnes est identique à celle du tableau XI.

...

Tableau XI bis

Nº	ADS		Nom	type MK	M_v	Notes
4	683	A	65 Psc	F5-6 III	+I.3	I
		B		FI-2 IV	+I.3	
7	988	A	HD 72I5	AI-2 V	+0.6	
		B		A5-6 V	+2.0	
34	4773	A	4I Aur	A2-3 V	+I.9	
		B		A5-7 V	+2.7	
38	5I66	A	20 Gem	F8 III	+I.5	
		B		F5-6 IV	+2.I	
49	7705	A	HR 402I	Am	+I.3	2
		B		FO IV-V	+2.0	
5I	8I9I	A	HD I00054	A7-9 III-IV	+0.9	3
		B		A3-4 V	+I.7	
52	8257	A		F2-3 IV	+I.0	2
		B		FI-2 IV	+2.3	
59	8690	A	HD III844	Am	+I.7	
		B		F8-G0 III	+2.2	
64	I0635	A	53 Oph	A2-3 IV	0.0	
		B		A7-9 V	+2.0	

Notes. -

I - Nº 4 65 Psc : Le calcul de la magnitude absolue a été fait pour la composante B en partant des 3 paramètres tels qu'ils sont donnés dans le tableau III. Mais on peut également admettre que ce système binaire est rougi par l'absorption interstellaire car il semble se placer au dessus de la surface Σ (diagramme ϕ_b, D)(fig. 5); pour le ramener sur celle-ci on adopte pour la composante B $\phi_b = I.84$.
On en déduit pour les 2 composantes $M_v = +I.6$.

2 - Nº 49 Le calcul de la magnitude absolue a été fait indépendamment pour les 2 composantes l'une et l'autre se classant dans la région R, très bon accord avec leur différence de magnitude.

3 - Nº 5I La composante B a sensiblement les mêmes coordonnées dans l'espace E que ADS 2592 B (nº I5) qui se trouve dans le tableau XI ; l'accord entre leurs magnitudes absolues calculées indépendamment peut être considéré comme satisfaisant : +I.4 et +I.7

...

En conclusion nous pouvons dire que cette méthode de détermination de la magnitude absolue, considérée comme une fonction de point de l'espace E, donne des résultats dans un domaine limité aux étoiles de type A avancé et F0 à F6 et au voisinage de la série principale, parce que le champ du vecteur grad M est sensiblement uniforme dans ce domaine.

Remarquons que le fait que ses composantes $\frac{\partial M}{\partial b}$ et $\frac{\partial M}{\partial D}$ soient négatives signifie que la luminosité croît lorsqu'on passe de la face inférieure de la surface Σ à la face supérieure ; or précisément les sous-naines se placent au dessous de Σ [42] tandis que les étoiles à raies métalliques se placent au dessus [9] ; il semble raisonnable d'en conclure que ces dernières doivent avoir une luminosité plus grande que les étoiles normales.

L'uniformité de grad M n'a pu être mise en évidence dans aucun autre domaine de l'espace E. Le problème de la répartition des magnitudes absolues dans la classification tridimensionnelle apparaît alors comme extrêmement complexe et nécessiterait des données expérimentales (étoiles doubles et étoiles d'amas) beaucoup plus considérables que celles dont nous disposons : Néanmoins celles-ci peuvent donner des renseignements intéressants sur les magnitudes absolues en employant une autre méthode.

...

Deuxième méthode

VARIATION DE LA MAGNITUDE ABSOLUE LE LONG DES COURBES D'EGALE EVOLUTION DU DIAGRAMME (λ_I,D)

Nous pouvons simplifier le problème en nous bornant à étudier la variation de la magnitude absolue le long des courbes d'égale évolution déterminées dans le chapitre III - Pour une courbe donnée la magnitude absolue ne dépend plus que d'une seule variable : la longueur de l'arc mesurée à partir d'une origine arbitraire ; pratiquement on utilisera, de préférence le paramètre D qui dans la plupart des cas caractérisera parfaitement cette abscisse curviligne.

Dans le diagramme (λ_I,D) les étoiles d'un même amas sont plus ou moins dispersées autour de la courbe d'égale évolution qu'elles définissent ; nous négligerons cette dispersion pour étudier la répartition des magnitudes absolues le long de la courbe.

Diagramme (M_V,D) pour les Hyades et les Pléiades. Sur la figure I4 nous avons porté les magnitudes absolues des étoiles des Hyades et des Pléiades en fonction de la discontinuité de Balmer D . Les magnitudes absolues des Hyades sont celles de Heckmann et Johnson [37] . Celles des Pléiades sont déduites des mesures photométriques de Mendoza qui donnent la magnitude visuelle V_o en dehors de la matière interstellaire [43] et du module de distance 5.6 adopté par Harris [44] . Les points correspondant aux Hyades -désignés par les numéros de Van Bueren, première colonne du tableau X- définissent une courbe ABCD et ceux correspondant aux Pléiades -désignés par les numéros de Eggen [45] une courbe BEFG, les 2 courbes se raccordant au voisinage du point B-.

On peut constater que l'alignement des points le long des 2 courbes est excellent : l'écart moyen entre un point et la courbe, mesuré le long de l'axe des ordonnées est inférieur à 0.I ce qui justifie l'emploi d'un seul paramètre, D, pour caractériser la magnitude absolue d'un ensemble d'étoiles ayant subi une même évolution comme un amas.

Si l'on se reporte au diagramme (λ_I,D) de la figure 6, on constate que la portion ABH de la courbe de la figure I4 correspond aux étoiles qui ont servi à déterminer la séquence principale d'âge zéro ; elle représente donc la variation de la magnitude absolue en fonction de la discontinuité de Balmer pour les étoiles de la séquence principale d'âge zéro.

...

Figure I4 : DIAGRAMME (M_V,D) POUR LES AMAS DES HYADES, PLEIADES, M 39 ET LES ETOILES MULTIPLES DONT LES COMPOSANTES DE TYPE OB SE PLACENT SUR LA SEQUENCE PRINCIPALE DANS LE DIAGRAMME (λ_I, D).

Les points représentatifs des composantes de chacun de ces amas sont caractérisés par un symbole différent ; chacun est affecté d'un numéro:

n^{os} de Eggen [45] pour les Pléiades ;
n^{os} de Ebbighausen [46] pour M 39 ;
n^{os} de Van Bueren (tableau X) pour les Hyades.

Il en est de même pour les étoiles multiples OB qui appartiennent à NGC 2264 (= I Mon), I Ori et I Lac, à l'exception de ADS 4262 (= HRI945) qui est représentée par un symbole particulier ; les numéros et lettres sont ceux du tableau III (colonnes I et 2).

La courbe en trait plein ABEHIJ correspond aux étoiles de la séquence principale du diagramme (λ_I,D) : les courbes en pointillé correspondent aux "turn off" des amas dans ce même diagramme.

Remarquons que la courbe CD se rapportant aux Hyades est définie par des étoiles de type A2 à A5 appartenant à la région (b) du diagramme (λ_I,D) alors que la courbe EK se rapportant à M 39 est définie par des étoiles de type B9 à AI appartenant à la région (a) du diagramme (λ_I,D), bien qu'elle soit presque confondue avec CD. Ceci n'est pas surprenant, le paramètre D seul étant tout à fait insuffisant pour caractériser une étoile.

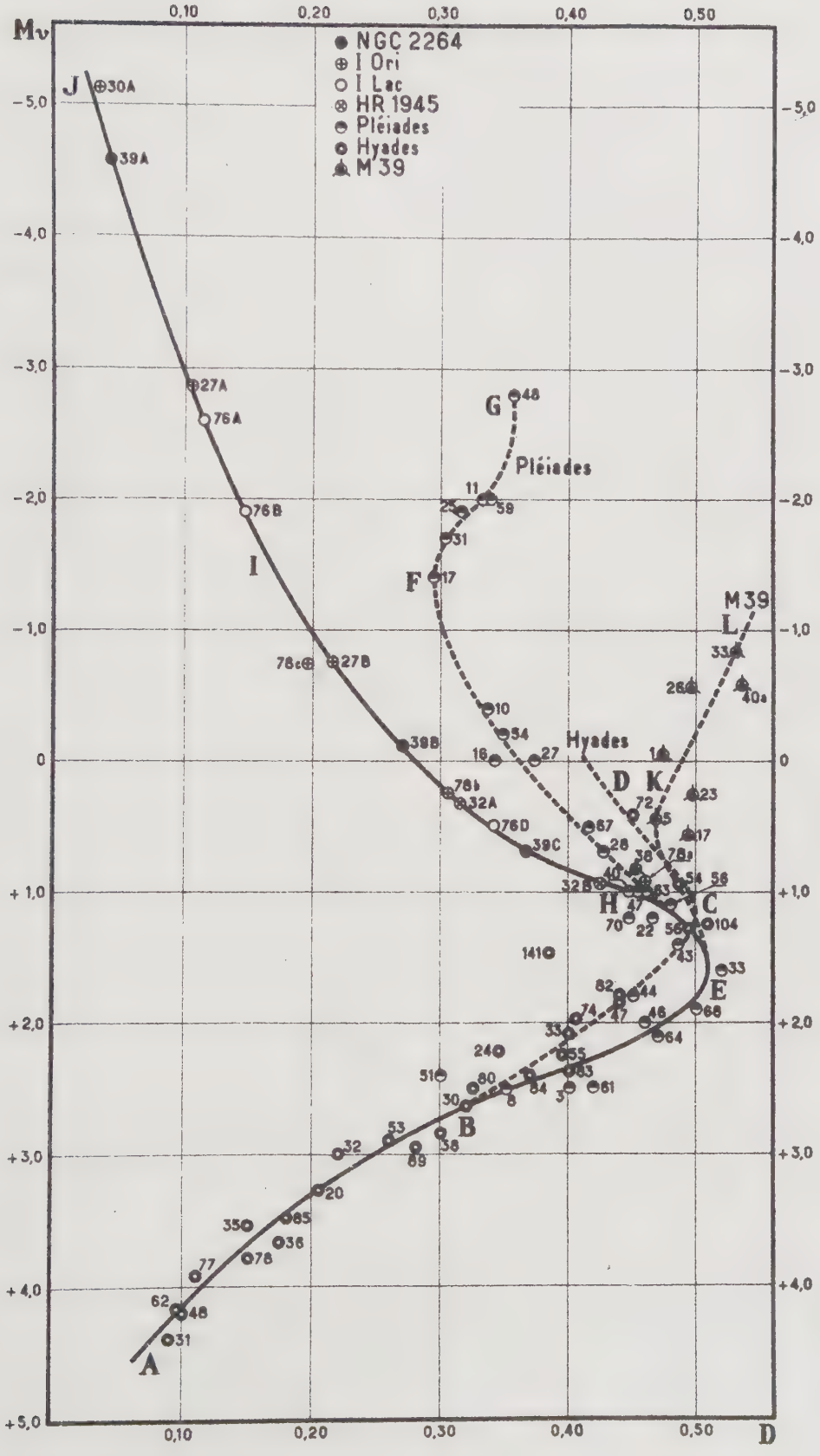

Mv
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
D
NGC 2264
I Ori
I Lac
HR 1945
Pléiades
Hyades
M 39
-5,0
-4,0
-3,0
-2,0
-1,0
0
+1,0
+2,0
+3,0
+4,0
+5,0
J
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
Pléiades
Hyades
M39

Diagramme M_v, D) pour les étoiles B de la séquence principale d'âge zéro

Il est intéressant d'essayer de prolonger vers les premiers types spectraux, la courbe (M_v, D) définie par les Hyades et les Pléiades.

Un certain nombre d'étoiles doubles vont nous permettrent d'étendre vers les types B de la séquence principale la courbe (M_v, D).

Ce sont les étoiles doubles nº 27-32-39-76 et le groupe d'étoiles nº 78 voisines de ι Ori (voir la note 48 qui suit le tableau III) que nous avons associé à ι Ori*(n^{os} du tableau III)qui dans le diagramme (λ_I, D) forment un alignement bien défini.

Ces 5 systèmes ont été portés sur 5 graphiques (M_v, D) différents. En faisant coïncider les abscisses de ceux-ci par superposition on peut par un déplacement parallèlement à l'axe des ordonnées, amener les points représentatifs au voisinage d'une courbe unique bien définie.

Transportée sur le diagramme (M_v, D) de la figure I4 elle se place suivant HIJ en prolongeant la courbe ABEH définie précédemment. Les points représentatifs des étoiles doubles sont désignés par leur numéro d'ordre dans le tableau III.

Ainsi la courbe ABEHIJ représente la variation de la magnitude absolue le long de la série principale d'âge zéro entre les types O et le type F8 définis par la discontinuité de Balmer ; les courbes en trait discontinu BCD et EFG représentent la variation de la magnitude absolue le long des "turn off" des Hyades et des Pléiades.

Nous avons complété la figure I4 par la courbe EKL correspondant au "turn off" de M 39 d'après les mesures de Westerlund [I8] ; les numéros inscrits auprès des points figuratifs des étoiles de cet amas sont ceux de Ebbighausen [46] ; le module de distance adopté + 7.2 est celui de Johnson [47] .

...

Les 2 composantes faibles de ι Ori citées dans ADS n'ont pas été utilisées ici : la composante B a des paramètres incertains à cause de la proximité de la composante A très brillante ; la magnitude de la composante C n'est pas connue avec précision.

Certaines étoiles doubles qui ont servi à définir la branche HIJ de la courbe de la figure I4 appartiennent à des amas ; la connaissance de leurs magnitudes absolues permet une estimation des modules de distance de ceux-ci. A partir de l'étoile multiple nº 39 (S Mon) nous trouvons pour II Mon m - M = 9.0 (au lieu de 9.5 indiqué par Walker [25]. Le système nº 78 conduit à un module de distance de 8.2 pour I Ori et l'étoile double nº 27 à un module de distance de 7.9 pour le même agrégat (Sharpless indique 8.5 ± 0.3 [32]). Enfin à partir du nº 78 (8 Lac) nous obtenons pour I Lac m - M = 8.0 au lieu de 8.4 [31]. Ces 3 résultats pourraient inciter à déplacer la branche de courbe HIJ parallèlement à l'axe des ordonnées d'environ + 0.5 magnitude pour obtenir un meilleur accord avec les valeurs données par Walker, Sharpless et Hardie-Seyfert, mais si l'on compare les valeurs des magnitudes absolues déduites des courbes HIJ avec les valeurs déduites des courbes (M_V,B-V) publiées par Johnson et Iriarte [36] pour la séquence principale d'âge zéro l'accord est excellent :

Le type spectral MK peut être déterminé à partir de la discontinuité de Balmer D pour la courbe HIJ dans le diagramme (λ_I, D), il peut être également déduit des B-V. Le tableau XII donne les magnitudes absolues pour les étoiles B situées sur la séquence d'âge zéro d'après nos mesures et celles de Johnson et Iriarte.

Tableau XII

classification tridimensionnelle			Johnson et Iriarte	
D	type MK	M_V	B-V	M_V
0.I4	B2 V	- 2.0	- 0.25	- 2.I
0.I8	B3 V	- I.4	- 0.20	- I.I
0.25	B5 V	- 0.3	- 0.I5	- 0.3
0.37	B8 V	+ 0.7	- 0.I0	+ 0.5
0.43	B9 V	+ I.0	- 0.05	+ I.I

La courbe HIJ est déterminée actuellement par un petit nombre d'étoiles. Elle pourrait être précisée à l'aide d'autres systèmes d'étoiles B ; l'accord très satisfaisant que nous en déduisons avec les mesures de Johnson et Iriarte nous autorise à la conserver telle qu'elle est tracée sur la figure I4 jusqu'à ce que d'autres mesures aient été faites

...

Position des étoiles doubles dans le diagramme (M_v, D).Nous avons constaté dans le chapitre III qu'un certain nombre d'étoiles doubles pourrait au point de vue évolution se comparer aux amas ouverts : Hyades, M 39, Pléiades. Cette analogie doit exister également pour les magnitudes absolues : Les deux composantes d'un système binaire se plaçant au voisinage de la courbe d'égale évolution des Pléiades par exemple dans le diagramme (λ_I, D) doivent également se placer au voisinage de la courbe donnant M_v en fonction de D de la figure I4 pour les Pléiades.

Pratiquement nous procédons de la manière suivante : nous plaçons arbitrairement dans le diagramme (M_v, D) une des composantes d'une étoile double,sur la courbe correspondant à l'amas duquel elle se rapproche au point de vue évolutif ; cela revient à déterminer la magnitude absolue d'une étoile en connaissant seulement son âge et sa discontinuité de Balmer D. La position de l'autre composante sera alors définie par sa discontinuité D et par la différence de magnitude Δm entre les deux composantes. Ce sera généralement la composante faible que nous placerons en premier lieu, celle-ci ayant une évolution plus lente se trouve souvent encore sur la séquence principale c'est-à-dire dans le diagramme (M_v, D) sur une portion de courbe commune à différents amas.

La figure I5 représente la position ainsi déterminée des étoiles doubles dans le diagramme (M_v, D); pour la clarté du dessin, les 2 composantes de chaque système n'ont pas été réunies, chacune d'elle porte son numéro d'ordre du tableau III suivi de la lettre A, B, C... qui la désigne dans ADS. Un symbole différent a été adopté pour chaque groupe d'étoiles doubles se rattachant à une courbe d'évolution donnée suivant le tableau VIII.

Pour les étoiles se rattachant aux courbes h et j dont une des composantes est située sur la séquence principale dans le diagramme (λ_I, D), nous avons placé celle-ci sur la courbe AB définie par les Hyades sur le diagramme (M_v, D) de la figure I4 ; l'autre composante se place,soit également sur la courbe AB,soit au dessus, au voisinage d'une courbe analogue aux arcs EFG et EKL déterminés par les étoiles les plus brillantes des Pléiades et de M 39. Nous pouvons faire une remarque analogue pour les étoiles correspondant à un stade d'évolu- intermédiaire entre g et h.

...

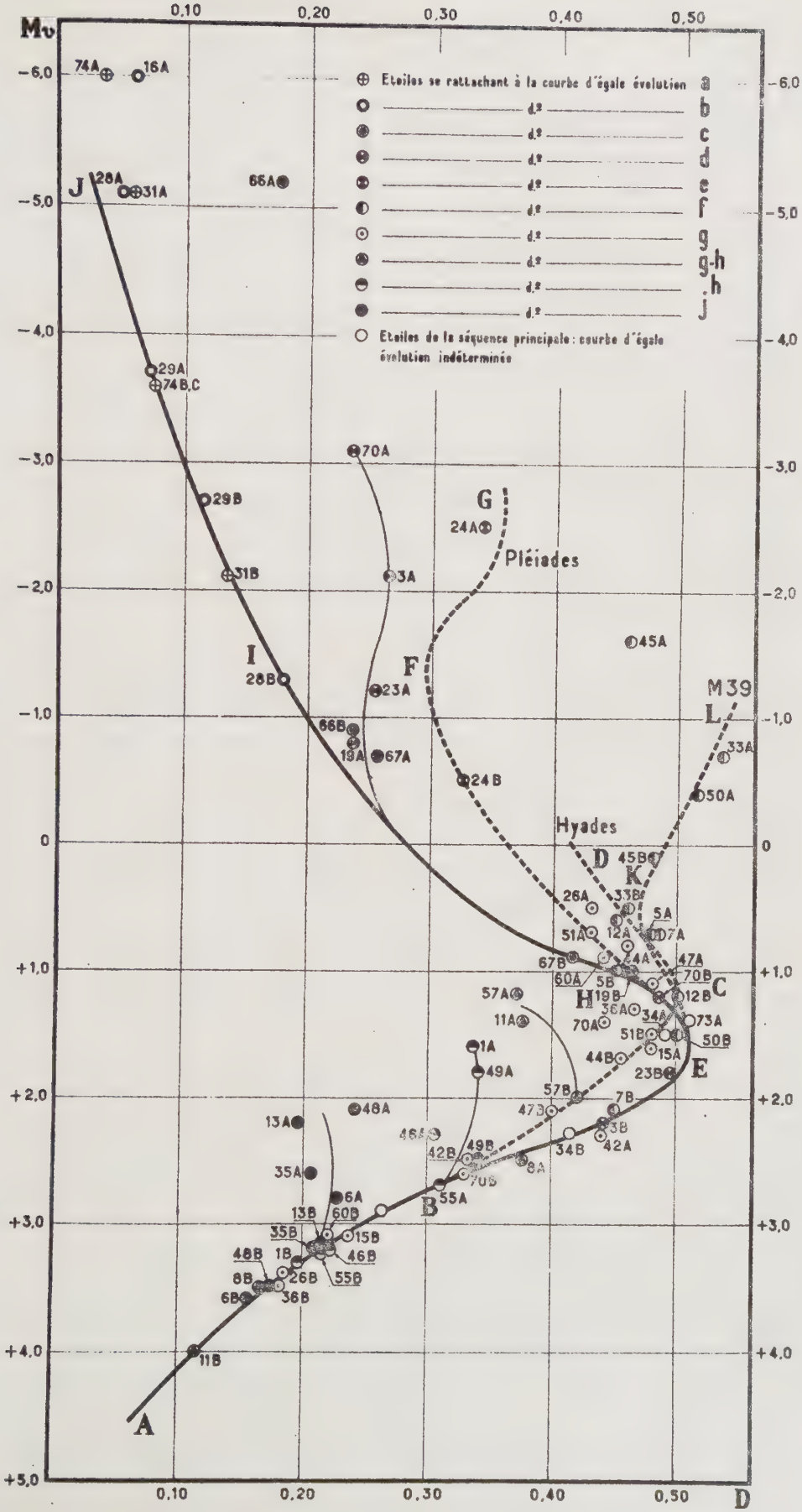
Figure I5 : LES ETOILES MULTIPLES DANS LE DIAGRAMME (M_v,D)

Les courbes en gros trait plein et en pointillé sont les mêmes que celles de la figure I4.

Connaissant la position d'une composante d'un système binaire sur celles-ci il est facile de déterminer la position de l'autre d'après leur différence de magnitude $\Delta m = \Delta M$;

Les nombres et lettres indiqués à côté de chaque point représentatif sont ceux du tableau III (colonnes I et 2) ;

Les courbes fines en trait plein indiquent approximativement la variation de M_v en fonction de D le long de certaines courbes d'égale évolution.


Mv
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
D
Etoiles se rattachant à la courbe d'égale évolution a
d.º b
d.º c
d.º d
d.º e
d.º f
d.º g
d.º g-h
d.º h
d.º j
Etoiles de la séquence principale : courbe d'égale évolution indéterminée
Pléiades
Hyades
M39
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
74A
16A
26A
31A
66A
29A
74B,C
70A
29B
31B
3A
24A
45A
28B
23A
66B
19A
67A
24B
33A
50A
45B
26A
33B
5A
51A
12A
7A
67B
4A
47A
60A
5B
70B
57A
19B
12B
11A
36A
34A
73A
70A
51B
50B
1A
44B
15A
49A
23B
57B
7B
48A
47B
13A
46A
3B
42B
49B
34B
42A
35A
8A
70B
6A
55A
13B
60B
35B
15B
48B
1B
46B
8B
26B
55B
6B
36B
11B

Les étoiles se rattachant à la courbe d'évolution g se placent en dessous de l'arc CD défini par les Hyades : Remarquons que celui-ci est assez mal déterminé et nous avons vu qu'il était difficile de faire correspondre une seule courbe d'égale évolution aux Hyades les plus brillantes.

Nous pouvons constater un bon accord entre les étoiles se rattachant aux courbes d'égale évolution f et e d'une part et les arcs de courbe EKL et EFG correspondant à M 39 et aux Pléiades de l'autre.

Enfin l'arc de courbe BEHIJ nous permet une évaluation de la magnitude absolue de plusieurs composantes brillantes géantes ou supergéantes O ou B d'étoiles doubles en plaçant sur celle-ci la composante faible appartenant à la séquence principale dans le diagramme (λ_I, D). Ainsi pour les systèmes binaires se rattachant à la courbe d'égale évolution d nous avons placé la composante faible de type A sur l'arc de courbe BEH défini par les Pléiades.

Magnitude absolue de δ^1 Cep. Un exemple caractéristique montrant l'intérêt de cette méthode de détermination des magnitudes absolues est fourni par δ^1 Cep.

Nous avons vu que la composante secondaire de δ^1 Cep était une étoile B7 que nous avons rattachée à la courbe d'égale évolution des Pléiades. Ceci nous permet d'évaluer sa magnitude absolue dans le diagramme (M_V, D) en connaissant sa discontinuité D : $M_V = - 0.I$

Nous en déduisons pour δ^1 Cep A $M_V = - 2.6$ au maximum

$= - I.8$ au minimum

Eggen et Gascoigne [13], Kraft [48] ont eu déjà l'idée de déduire la magnitude absolue de δ Cep A de celle de δ Cep B, mais pour estimer celle ci ils ne disposaient que d'appréciations qualitatives : analogies entre les spectres de δ^1 Cep B et de I6 Tau et ils en ont conclu que la méthode avec les données dont ils disposaient était incertaine.

Le Tableau XIII donne l'ensemble des magnitudes absolues ainsi déterminées pour les étoiles doubles, avec les mêmes conventions que celles adoptées dans les tableaux XI et XI bis. ...

TABLEAU XIII

Nº	ADS		Nom	type MK	M_V	Notes
I	I9I	A	35 Psc	F0 IV	+ I.6	
		B		F3-5 V	+ 3.3	
3	5I3	A	π And	B5 IV	- 2.I	I
		B		A5-6 V	+ 2.2	
6	903	A	77 Psc	F3-5 IV	+ 2.8	
		B		F6-7 V	+ 3.6	
7	988	A	HD 72I5	AI-2 V	+ 0.7	
		B		A5-6 V	+ 2.I	
8	996	A	ζ Psc	A9-F0 IV	+ 2.5	
		B		F5-6 V	+ 3.5	
II	I563	A	λ Ari	A9-F0 IV	+ I.4	
		B		F7-8 V	+ 4.0	
I2	I683	A	59 And	B9 IV	+ 0.6	
		B		A2-3 V	+ I.2	
I3	I763	A	HD I4I89	F5-6 IV	+ 2.2	
		B		F3-5 V	+ 3.2	
I5	2592	A	HR I068	A3-5 V	+ I.6	
		B		F2-3 V	+ 3.I	
I6	2843	A	ζ Per	BI Ib	- 6.0	2
		B		B7-8 V	(+ 0.5)	
		E		A2 V	(+ I.5)	
I9	3I79	A	62 Tau	B4-5 IV	- 0.8	
		B		A0-I V	+ I.0	
23			ε Tau A	B5-6 V	- I.2	3
			B	A2-3 V	+ I.8	
24	3579	A	HR I600	B7-8 III	- 2.5	
		B		B6-7 IV	- 0.5	
26	3824	A	I4 Aur	A9-F0 III	+ 0.5	
		C		F3-5 V	+ 3.4	
27	3962	A	23 Ori	BI V	- 2.9	4
		B		B3 V	- 0.8	
28	4I34	A	ι Ori	09.5 II	- 5.8	5
		C		B3 V	- I.3	
29	4I82	A	HD 36960	B0 IV	- 3.7	
		B	HD 36959	BI V	- 2.7	
3I	424I	AB	σ Ori	09 V	- 5.I	
		D		B2 V	- 2.I	

...

TABLEAU XIII (suite)

Nº	ADS		Nom	type MK	M_v	Notes
32	4262	A	HR I945	B6-7 V	+ 0.3	4
		B		B9 V	+ 0.9	
33	4749	A	HR 2I74	AO-I III-IV	- 0.7	
		B		AO V	+ 0.5	
34	4773	A	4I Aur	A2-3 V	+ I.5	
		B		A5-7 V	+ 2.3	
35	4849	A	HR 22I7	F5-6 IV	+ 2.6	
		B		F3-5 V	+ 3.2	
36	50I2	A	8 Mon	A5-6 IV	+ I.3	
		B		F5-6 V	+ 3.5	
39	5322	A	S Mon	07	- 4.6	4
		E	W I09	B5-6 V	- 0.I	
		F	W I37	B7-8 V	+ 0.7	
44	-		HD 636I0 A	A6-7 III-IV	+ 0.8	
			B	A5-6 IV	+ I.7	
45	6588	A	HR 3I74	B9 IV	- I.7	
		B		B9-AO IV	0,0	
46	7342	A	HD 8I029	FI-2 IV	+ 2.3	
		B		F3-5 V	+ 3.2	
47	7354	A	2I U Ma	A5-6 IV	+ I.I	
		B		A7-FO V	+ 2.I	
48	7438	A	HD 82780	F2-3 V	+ 2.I	
		B		F5-6 V	+ 3.5	
49	7705	A	HR 402I	Am	+ I.8	
		B		Am ou FO IV-V	+ 2.5	
50	7979	A	54 Leo	AO-I IV	- 0.4	
		B		A2-3 V	+ I.5	
5I	8I3I	A	HD I00054	A7-9 III-IV	+ 0.7	
		B		A3-4 V	+ I.5	
55	8494	A	HD I06798	FI-2 IV	+ 2.7	
		B		F3-5 V	+ 3.2	
56	8568	A	I7 Com	Ap	+ 0.8	
		B		A7-9 V	+ 2.2	
57	8657	A	HD II0886	FO IV	+ I.2	
		B		A7 V	+ 2.0	
60	9I73	A	α Boo	A7 IV	+ 0.9	
		B		F3-5 IV-V	+ 3.I	

...

TABLEAU XIII (suite)

Nº	ADS	Nom	type MK	M_V	Notes
64	I0635 A	53 Oph	A2-3 IV	+ 0.3	
	B		A2 V	+ 2.3	
66	I0966 A	67 Oph	B4-5 Ib	- 5.2	6
	B		B3-4 V	- 0.9	
67	II593 A	HR 7033	B5-6 V	- 0.7	
	B		B9 V	+ 0.9	
68	II639 A	ζ Lyr	Am	+ I.4	
	D		F0 IV-V	+ 2.6	
70	I2I97 A	η Lyr	B4-5 III	- 3.I	
	B		AI-2 V	+ I.2	
73	I5I47 A	3 Peg	A2-3 V	+ I.4	
	B		FI-2 V	+ 2.9	
74	I5I84 A	HD 206267	06	- 6.0	
	C		B0 V	- 3.6	
75	I5987 A	δ Cep	Cep.	- I.8 à - 2.6	
	B		B7-8 IV-V	- 0.I	
76	I6095 A	8 Lac	BI-2 V	- 2.6	4
	B		B2 V	- I.9	
	D		B7-8 V	+ 0.5	
77	I648I A	HD 2I7943	B3 IV	(- I.9)	7
	B		B8 V	+ 0.7	

Notes

I nº 3 π And A étant une binaire spectroscopique à 2 spectres, la magnitude absolue M_V = 2.I déterminée ici est sans doute un peu grande.

2 nºI6 la détermination de la magnitude absolue de ζ Per A à partir des composantes B ou E n'est pas très précise car la valeur obtenue pour la discontinuité de Balmer pour la première est douteuse à cause de la proximité de la composante brillante et la position de la deuxième dans le diagramme (M_V, D) est mal définie : région du maximum de discontinuité La valeur adoptée M_V = - 6.0 est en bon accord avec le module de distance de l'amas II Per donné par Blaauw [20] et elle correspond à M_V = + 0.5 pour ζ Per B dont la véritable valeur de la discontinuité serait D = 0.34 valeur très vraisemblable.

...

3 nº 23 τ Tau A se place au dessus de l'arc de courbe HIJ dans le diagramme (M_V, D) bien qu'elle soit sur la séquence principale dans le diagramme (λ_I, D) ; comme c'est une binaire spectroscopique nous proposons une explication analogue à celle donnée pour les étoiles numéros 40 et 48 (voir p.38-72)

4 nºs 27-32-39 Les points correspondant à ces étoiles dans le diagramme (M_V, D) ont servi à construire l'arc de courbe HIJ sur la figure I4 et n'ont pas été portés sur la figure I5.

5 nº 28 ζ Ori A étant une binaire spectroscopique à composantes égales, la valeur réelle pour chaque composante doit être $M_V = -5.I$

6 nº 66 la valeur adoptée $M_V = -0.9$ pour la composante faible tient compte du fait que celle-ci semble être déjà un peu au dessus de la séquence principale dans le diagramme (λ_I, D)

7 nº 77 Des mesures non publiées faites avec Lenouvel au Pic du Midi donnent comme valeur de la différence des magnitudes entre les deux composantes $\Delta m = 2.6$ au lieu de I.6 indiqué par Wallenquist [I] ; cette valeur plus vraisemblable a été adoptée ici [50].

Comparaison des deux méthodes de détermination des magnitudes absolues.

La magnitude absolue d'un certain nombre d'étoiles A et F a été déterminée successivement par les deux méthodes précédentes ; toutes les deux sont étalonnées principalement par les étoiles des Hyades, ce qui montre l'importance que présentent de bonnes mesures de celles-ci ; celles dont nous disposons actuellement sont assez satisfaisantes dans leur ensemble mais elles mériteraient néanmoins d'être améliorées par de nouvelles mesures surtout pour les types F avancés pour lesquels la détermination des 3 paramètres, λ_I principalement, est délicate.

Les écarts entre les valeurs obtenues pour les magnitudes absolues, par les deux méthodes, ne dépassent jamais 0.5 magnitude et ils sont souvent égaux à 0.I ou 0.2 ce qui est satisfaisant. Néanmoins ces écarts semblent assez systématiques pour les étoiles F (F2 à F5) : on obtient par la première méthode des magnitudes plus petites (luminosité plus grande) en moyenne de 0.2 ; la raison en est la suivante : la première méthode tient compte du fait que les étoiles F avancées des Hyades se placent en moyenne audessous des étoiles doubles dans

...

le diagramme ($\bar{\varphi}_b$, D)(fig. 5), c'est-à-dire que pour une même discontinuité D, elles sont plus "bleues" que les composantes d'étoiles doubles étudiées ; or nous avons vu que $\frac{\partial M}{\partial \bar{\varphi}_b}$ étant négatif la luminosité croît de la face inférieure à la face supérieure de la surface Σ. Dans la deuxième méthode, nous avons rattaché aux Hyades un certain nombre d'étoiles doubles d'après l'étude des courbes d'égale évolution du chapitre III qui se faisant dans le diagramme (λ_I, D) ne tient pas compte du troisième paramètre $\bar{\varphi}_b$. Cette hypothèse simplificatrice peut paraître arbitraire et il est probable qu'une étude plus précise des courbes d'égale évolution devrait se faire dans l'espace à trois dimensions E, mais les données dont nous disposons sur les Hyades actuellement ne sont pas suffisantes pour que nous puissions affirmer que la position de leurs points représentatifs dans le diagramme ($\bar{\varphi}_b$, D) au dessous de la plupart des composantes F avancées des étoiles doubles est réel ; d'autre part nous avons vu dans le chapitre II que le paramètre $\bar{\varphi}_b$ était sensible à l'absorption interstellaire ; un faible rougissement des étoiles doubles pourrait expliquer leur position au dessus des Hyades dans le diagramme ($\bar{\varphi}_b$, D) et dans ce cas ce serait la première méthode de détermination des magnitudes absolues qui serait en faute en faisant intervenir ce rougissement dans le calcul.

En conclusion nous dirons que l'avantage de la première méthode est de permettre une estimation de la magnitude absolue de toute étoile se classant dans une région R de l'espace E ou les valeurs de $\frac{\partial M}{\partial \bar{\varphi}_b}$, $\frac{\partial M}{\partial D}$, $\frac{\partial M}{\partial \lambda_I}$, peuvent être considérées comme constantes et de tenir compte des trois paramètres $\bar{\varphi}_b$, D, λ_I.

Mais elle a l'inconvénient de n'être effectivement applicable qu'à un groupe d'étoiles limité -A avancées et F0 à F6 de la séquence principale ou au voisinage de celle-ci-, grad M n'étant généralement pas constant.

La deuxième méthode, plus souple, fait jouer un rôle prédominant au paramètre D, qui est certainement le meilleur paramètre de la classification tridimensionnelle, et un rôle un peu secondaire au paramètre λ_I : il n'intervient pas directement dans le diagramme (M_v, D) mais sa décroissance le long des courbes d'égale évolution au dessus

...

de la séquence principale coïncide généralement assez bien avec la croissance de la luminosité et nous avons tenu compte de sa valeur dans le choix des étoiles doubles qui définissent l'arc HIJ -B de la séquence principale- sur la figure I4 ; nous en avons tenu compte également pour placer les étoiles doubles dans les régions du diagramme (M_v, D) où le paramètre D varie peu, le long des courbes définies par les amas ouverts : arc EFG des Pléiades, arc EKL de M 39.

Enfin le paramètre $\overline{c}_b$ n'intervient pas : ainsi par cette méthode nous obtenons pour une étoile à raies métalliques la même magnitude absolue que pour une étoile normale ayant même D et même λ_I mais un $\overline{c}_b$ plus petit ; nous pourrions faire une remarque analogue pour une sous naine.

Pour ces étoiles particulières la première méthode semble donc plus recommandable, mais dans le cas général la deuxième méthode donne des résultats qui semblent satisfaisants et elle est applicable assez facilement à un grand nombre d'étoiles O, B et A. Enfin elle tient compte de l'unité physique caractérisant un groupe d'étoiles qui se sont formées en même temps.

Courbes d'égale magnitude dans le diagramme (λ_I, D).

La détermination de la magnitude absolue d'une étoile dont on connait les trois paramètres Φ_b, D, λ_I , pourra se faire par la première méthode -magnitude absolue considérée comme une fonction du point de l'espace E- s'il s'agit d'une étoile A avancée ou F0 à F6, voisine de la séquence principale ; on utilisera suivant les cas, la droite xy de la figure I2 ou une des droites $x_I y_I$, $x_2 y_2$ de la figure I3 après un calcul préliminaire pour obtenir $M_v + c^{te}$. S'il s'agit d'une étoile quelconque c'est-à-dire appartenant aux types précédents ou non, on pourra utiliser le diagramme (M_v, D)(figures I4 et I5) à condition généralement de pouvoir évaluer à quelle courbe d'égale évolution elle se rattache.

Ainsi dans tous les cas, la détermination de la magnitude absolue demande un calcul ou une étude préliminaire, mais il est possible également de faire une estimation de la magnitude absolue d'une étoile en utilisant une méthode graphique déduite de l'ensemble des résultats précédents.

Le diagramme (M_v, D) a l'inconvénient de ne faire intervenir explicitement qu'un seul paramètre, D, ce qui est insuffisant pour caractériser une étoile, mais à partir de celui-ci nous pouvons construire les courbes d'égale magnitude dans le diagramme (λ_I, D). En effet à chaque point des différents arcs de courbe du diagramme (M_v, D) on peut faire correspondre un point des courbes d'égale évolution du diagramme (λ_I, D) donc ce point pourra être affecté d'une magnitude absolue. On joindra ensuite par une courbe les points d'égale magnitude.

Pratiquement nous ne disposons pas de données suffisantes actuellement pour construire avec précision ce réseau de courbes d'égale magnitude dans le diagramme (λ_I, D).

Néanmoins à partir des arcs HIJ -étoiles B de la séquence principale- et HFG -étoiles B des Pléiades- et en tenant compte des points intermédiaires fournis par les étoiles des associations I Lac, II Per, I Mon on peut tracer un réseau de courbes approximatif dans la région des étoiles B.

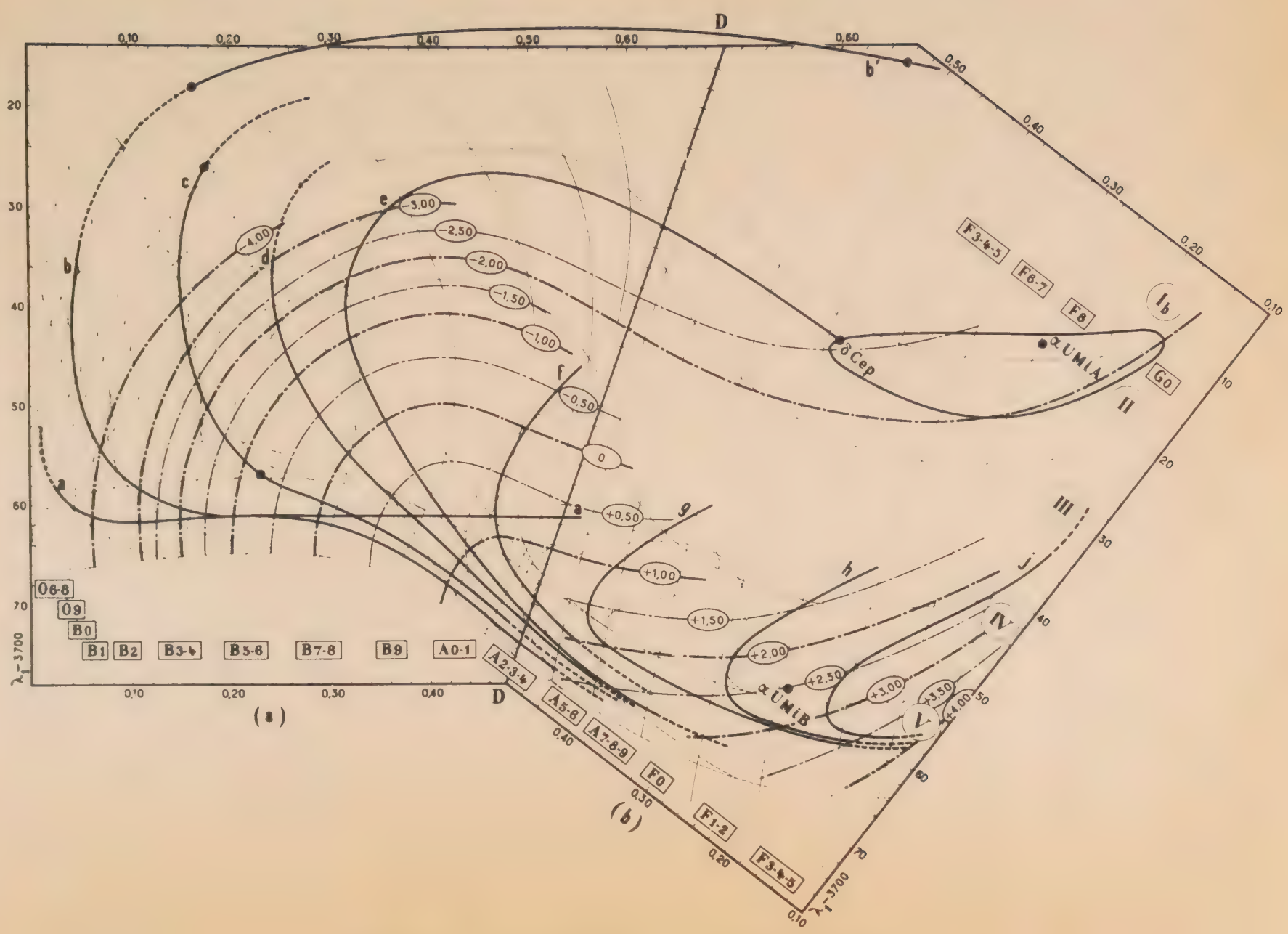
L'arc ABC des Hyades et le calcul des magnitudes absolues par la

...

Figure I6 : COURBES D'EGALE MAGNITUDE ET D'EGALE EVOLUTION DANS LE DIAGRAMME (λ_I, D)

ux courbes d'égale évolution en trait continu de la figure 8 ont été uperposées les courbes d'égale magnitude en trait discontinu ; sur nacune d'elle un contour ovale dans lequel est indiquée la magnitude osolue correspondante. La détermination précise de ces courbes néces- ite l'étude d'un grand nombre d'étoiles de magnitude absolue connue ; es données actuelles sont encore insuffisantes et il faut retenir sur- out leur allure générale : les deux réseaux -courbes d'égale magnitude t courbes d'égale évolution- sensiblement orthogonaux pour les étoiles , tendent à devenir parallèles pour les étoiles F avancées situées au essus de la séquence principale. Nous pouvons établir une correspon- ance entre cette dernière propriété -qui peut se traduire par M_V = cte e long d'une partie des courbes d'égale évolution correspondant à des toiles de formation très ancienne- et l'existence d'une section hori- ontale dans le "turn off" de M 67 dans le diagramme couleur-luminosité e Sandage [23] .

La courbe décrite par δ Cep A dans le diagramme (λ_I,D) permet de rolonger les courbes d'égale magnitude -2.0 et -2.5 . La position e α U Mi A, pour laquelle nous avons déterminé M_V = -4.0 (voir p. 7I), eut sembler surprenante entre ces deux courbes. Celle-ci peut s'expli- uer, comme dans le cas des courbes d'égale évolution, en se plaçant ans l'espace E; les courbes d'égale magnitude tracées dans le diagram- e (λ_I,D) correspondent en chacun de leurs points à un certain Φ_b ; δ Cep A et α U Mi A n'ayant pas le même Φ_b n'ont pas la même magni- ude absolue.


D
b'
δ Cep
α UMi A
α UMi B
Ib
II
III
IV
V
G0
F8
F6-7
F3-4-5
−3,00
−2,50
−2,00
−1,50
−1,00
−0,50
0
+0,50
+1,00
+1,50
+2,00
+2,50
+3,00
+3,50
+4,00
O6-8
O9
B0
B1
B2
B3-5
B5-6
B7-8
B9
A0-1
A2-3-4
A5-6
A7-8-9
F0
F1-2
F3-4-5
λ1−3700
(a)
(b)

première méthode en admettant un Δ_b moyen fonction de D et λ_I permet de tracer également un réseau de courbes d'égale magnitude dans le diagramme (λ_I, D) région des A et F.

L'ensemble de ces courbes est représenté sur la figure I6 qui porte également les courbes d'égale évolution ; l'allure générale de ces courbes peut être considérée comme assez bien définie avec les données dont nous disposons.

Inversement nous pouvons, à l'aide de ce réseau de courbes, déterminer la magnitude absolue des étoiles des amas ouverts et des étoiles multiples étudiés qui ont servi à le construire. Sur la figure I7 nous avons porté en abscisse les magnitudes absolues ainsi évaluées et en ordonnées les magnitudes absolues mesurées initialement par d'autres méthodes :

- pour les amas ouverts elles sont déduites des modules de distance.
- pour les étoiles multiples elles sont tirées des tableaux XI bis et XIII.

Nous pouvons constater que les points ainsi obtenus se placent comme nous pouvions le prévoir au voisinage de la première bissectrice et à une distance, mesurée le long de l'axe des abscisses, souvent inférieure à 0.5 magnitude et n'excédant presque jamais I.0 magnitude.

Nous pouvons en conclure que ce réseau de courbes d'égale magnitude tracé dans le diagramme (λ_I, D) rend compte d'une façon satisfaisante en général des magnitudes absolues des étoiles qui ont servi à le construire, bien qu'il ne fasse intervenir que deux des paramètres de la classification tridimensionnelle.

D'une manière générale, nous pouvons à l'aide de ce réseau évaluer la magnitude absolue d'une étoile connaissant ses deux paramètres D et λ_I ; la connaissance du troisième paramètre Δ_b pourra dans certains cas, indiquer si la valeur ainsi obtenue est trop grande -cas d'une étoile à raies métalliques- ou trop petite -cas d'une sous-naine-.

Sur la figure I6 le réseau de courbes d'égale magnitude est superposé avec le réseau de courbes qui dans le même diagramme (λ_I, D) déterminent un système de quadrilatères curvilignes permettant d'établir une correspondance entre la classification bi-dimensionnelle (λ_I et D)

...

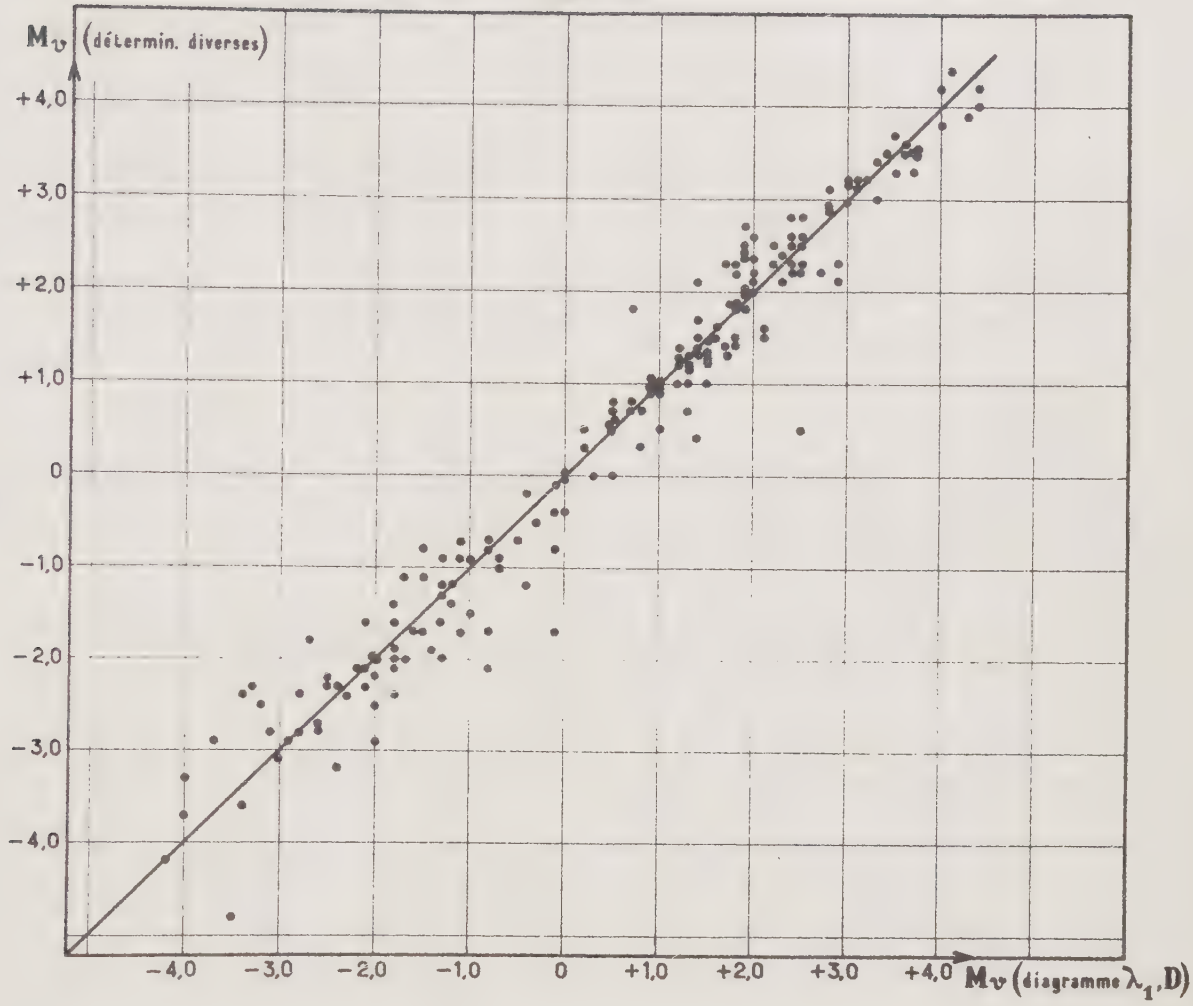


Figure 17 : COMPARAISON DES MAGNITUDES ABSOLUES DETERMINEES PAR DIFFERENTES METHODES, (PARALLAXES, MODULES DE DISTANCE POUR LES ETOILES D'AMAS, DIAGRAMME (M_v, D), CALCUL A PARTIR DES TROIS PARAMETRES Φ_b, D, λ_1) AVEC CELLES DEDUITES DES COURBES D'EGALE MAGNITUDE DU DIAGRAMME (λ_1, D). La dispersion des points de part et d'autre de la première bissectrice est très souvent inférieure à 0,5 magnitude.

et la classification MK [7]. On peut faire correspondre une magnitude absolue moyenne à chaque type MK (classe de luminosité et type spectral) et estimer l'amplitude maximum de variation de celle-ci autour de cette valeur moyenne lorsqu'on se déplace à l'intérieur de chacun de ces quadrilatères curvilignes. Les résultats ainsi obtenus sont contenus dans le Tableau XIV.

La partie gauche du tableau contient les types MK tels qu'ils sont indiqués sur le diagramme (λ_I, D) avec les magnitudes absolues moyennes correspondantes déduites des courbes d'égale magnitude suivies de l'écart maximum à cette valeur moyenne que l'on peut observer pour chaque type.

La partie droite du tableau contient les types spectraux et les magnitudes absolues publiés par Keenan et Morgan [48], ou revus par Johnson et Iriarte [36] (types BI à A2) afin de permettre une comparaison immédiate entre les deux séries de valeurs. Les différences de celles-ci sont données dans la dernière colonne à droite, du tableau XIV.

Nous pouvons constater que les magnitudes absolues de Morgan et ses collaborateurs sont généralement plus grandes -luminosité plus faible- que les valeurs moyennes que nous avons déduites des courbes d'égale magnitude du diagramme (λ_I, D), l'écart étant de l'ordre de 0.3 ou 0.4 magnitude sauf pour la classe III où il dépasse parfois une magnitude. Mais elles sont plus petites -luminosité plus grande- pour les étoiles B de classe IV et V.

Néanmoins dans presque tous les cas, les magnitudes absolues de Morgan se placent entre les limites extrêmes que nous avons établies pour chaque type . Nous pouvons constater d'après le tableau XIV que des écarts de une à deux magnitudes peuvent exister pour un même type MK -type spectral et classe de luminosité- ce qui peut expliquer partiellement la très grande dispersion dans les magnitudes absolues des étoiles B, trouvée par Blaauw dans son étude des étoiles O à B5 les plus proches [49].

Rappelons pour conclure que les courbes d'égale magnitude de la figure I6 et les valeurs des magnitudes absolues qui en sont déduites dans le tableau XIV n'ont qu'un caractère approximatif et provisoire et qu'elles sont données surtout pour montrer l'intérêt de cette méthode de détermination des magnitudes.

TABLEAU XIV

type MK (diagramme λ_I,D)		M_V	type MK Keenan et Morgan ou Johnson et Iriarte		M_V	$M_V(\lambda_I,D) - M_V$ (MK)
BI	III	~ -4.0	BI	III	- 4.4	+ 0.4
	IV	~ -3.5		IV	- 4.I	+ 0.6
	V	~ -3.2		V	- 3.6	+ 0.4
B2	III	~ -4.0	B2	III	- 3.6	- 0.4
	IV	-3.0 ± 0.5		IV	- 3.3	+ 0.3
	V	-2.4 ± 0.6		V	- 2.5	+ 0.I
B3-4	III	$-3.5 \pm I.0$	B3	III	- 2.9	- 0.6
	IV	$-2.I \pm 0.6$		IV	- 2.5	+ 0.4
	V	$-I.3 \pm 0.7$		V	- I.7	+ 0.4
B5-6	III	$-3.0 \pm I.0$	B5	III	- 2.2	- 0.8
	IV	$-I.6 \pm 0.6$		IV	- I.8	+ 0.2
	V	-0.7 ± 0.7		V	- I.0	+ 0.3
			B7	III	- I.6	
				IV	- I.2	
	III	-2.6 ± 0.8		V	- 0.4	- I.3
B7-8	IV	$-I.2 \pm 0.6$				- 0.2
	V	0.0 ± 0.7	B8	III	- I.0	+ 0.2
				IV	- 0.7	
				V	+ 0.I	
B9	IV	$-I.0 \pm 0.6$	B9	IV	- 0.2	- 0.8
	V	$+0.4 \pm 0.7$		V	+ 0.6	- 0.2
			A0	IV	+ 0.3	
	IV	-0.6 ± 0.6		V	+ I.0	- I.I
A0-I	V	$+0.6 \pm 0.6$				- 0.6
			AI	IV	+ 0.7	
				V	+ I.5	
			A2	IV	+ I.0	
	IV	$(+0.5 \pm 0.6)$		V	+ I.2	- 0.5
A2-3-4	V	$(+I.5 \pm 0.6)$				0
			A3	IV	+ I.0	
				V	+ I.8	
	IV	$+I.0 \pm 0.6$	A5	IV	+ I.4	- 0.4
A5-6	V	$+2.I \pm 0.5$		V	+ 2.2	- 0.I
	IV	$+I.2 \pm 0.6$	A7	IV	+ I.7	- 0.5
A7-8-9	V	$+2.3 \pm 0.5$			+ 2.6	- 0.3
	IV	$+I.5 \pm 0.6$	F0	IV	+ 2.0	- 0.5
F0	V	$+2.6 \pm 0.5$		V	+ 3.0	- 0.4
	IV	$+I.8 \pm 0.6$	F2	IV	+ 2.5	- 0.7
FI-2	V	$+2.8 \pm 0.5$		V	+ 3.2	- 0.4

...

TABLEAU XIV

type MK (diagramme λ_I,D)		M_V	type MK Keenan et Morgan ou Johnson et Iriarte		M_V	$M_V(\lambda_I,D) - M_V$ (MK)
F3-4-5	IV	+ 2.2 ± 0.5	F5	IV	+ 2.7	- 0.5
	V	+ 3.2 ± 0.5		V	+ 3.5	- 0.3
F6-7	IV	+ 2.5 ± 0.5	F6	IV	+ 2.9	- 0.4
	V	+ 3.5 ± 0.5		V	+ 3.8	- 0.3
F8	IV	+ 2.8 ± 0.6	F8	IV	+ 3.I	- 0.3
	V	+ 3.9 ± 0.5		V	+ 4.I	- 0.2

La détermination du type MK est imprécise au voisinage du raccord des deux parties (a) et (b) du diagramme (λ_I,D) : des points très voisins peuvent correspondre à des étoiles assez différentes comme nous l'avons déjà signalé (p. 3). Cette imprécision se retrouvant pour le tracé des courbes d'égale magnitude, les magnitudes absolues des types MK correspondant sont indiquées entre parenthèses.

CONCLUSION

Nous pensons avoir montré par l'exposé précédent tout l'intérêt que pouvait présenter l'étude spectrophotométrique des étoiles doubles et multiples, en vue de leur classification dans le système tridimensionnel, par la contribution que celle-ci apporte à la résolution des problèmes d'évolution stellaire et à la détermination des magnitudes absolues.

Nous avons pu constater que cette étude pour obtenir sa pleine efficacité doit être menée parallèlement avec celle des amas ouverts ; ceux-ci pour la détermination des courbes d'égale évolution nous ont fourni les premières hypothèses de travail et ont étayé ensuite les résultats, obtenus à partir des étoiles doubles, qui sans eux pourraient souvent sembler arbitraires et fragiles : la construction d'une courbe d'égale évolution à partir du grand nombre de composantes d'un amas, constituant une unité physique évidente, est beaucoup plus satisfaisante à priori que cette même construction à partir d'un groupe d'étoiles doubles prises dans différentes régions du ciel et dont la parenté est à démontrer. Cette démonstration peut être considérée comme effectuée à partir du moment où apparaît l'analogie entre les courbes d'égale évolution, construites à partir d'amas et à partir d'étoiles multiples.

A l'avantage présenté par la multiplicité des composantes d'un amas, répond l'avantage de la multiplicité des systèmes d'étoiles doubles et multiples, permettant une investigation beaucoup plus complète des divers stades d'évolution que les quelques amas qui nous sont techniquement accessibles.

De même dans l'étude des magnitudes absolues, les composantes d'un même amas fournissent une matière première abondante et assez homogène : la dispersion des magnitudes absolues due à la profondeur de l'amas ne dépasse pas quelques dixièmes de magnitude ; par contre celle qui est due à l'hétérogénéité de l'absorption interstellaire dans le cas des amas jeunes ou des associations peut être parfois assez considérable et l'estimation de la couleur intrinsèque d'une étoile reste discutable. Ces difficultés disparaissent dans le cas des étoiles multiples : chacune d'elle apporte évidemment beaucoup moins de données que l'ensemble des étoiles d'un amas, mais ces données ont l'avantage d'être plus variées.

...

Ainsi il nous paraît souhaitable de poursuivre le travail commencé ici en étudiant simultanément de nouveaux systèmes d'étoiles doubles et de nouveaux amas, les uns et les autres se complétant, afin de préciser la position des courbes d'égale évolution dans les régions du diagramme (λ_I,D) où elles sont déjà définies, de déterminer celle-ci dans les régions où elles ne sont pas ou peu connues -région des super géantes- et d'étendre également, en l'améliorant, l'étalonnage en magnitudes absolues de la classification tridimensionnelle.

REMERCIEMENTS

Le travail de dépouillement et de rédaction a été entièrement effectué à l'Institut d'Astrophysique de Paris et je suis très reconnaissant à Monsieur Danjon, Directeur de l'Institut d'Astrophysique et à la Direction du C.N.R.S. de m'avoir permis d'effectuer ces recherches.

J'exprime également ma gratitude à Monsieur Dufay, Directeur de l'Observatoire de Haute-Provence, à Monsieur de Muralt, Directeur de la Station Scientifique du Jungfraujoch et à Monsieur Rösch, Directeur de l'Observatoire du Pic du Midi, qui m'ont accueilli dans leurs Etablissements, mettant à ma disposition les instruments et laboratoires nécessaires aux observations.

Je remercie particulièrement :

Monsieur Chalonge qui m'a enseigné les techniques de spectrophotométrie stellaire qu'il a mises au point et qui m'a constamment prodigué ses conseils dans l'orientation de mes recherches.

Monsieur Fehrenbach, mon Parrain de recherches, pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mon travail et l'accueil toujours favorable que j'ai reçu pour la publication de mes résultats au Journal des Observateurs.

Enfin je tiens à remercier les personnels de l'Observatoire de Haute-Provence et de l'Institut d'Astrophysique de Paris pour leur active collaboration et l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée dans la prise des spectres, leur dépouillement et la préparation matérielle du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

I A. WALLENQUIST, a Gen. Cat. of Diff. in Magnitudes of Double Stars, Ann. Uppsala (I954).

2 H.L. JOHNSON, Ap. J., II7, (I953), 36I.

3 O. STRUVE, K.L. FRANKLIN, Ap. J., I2I, (I955), 337 et 670.

4 A. BAILLET, D. CHALONGE, J. COJAN, Ann. Astroph., I5, (I952), I44.
D. CHALONGE, M. SERVIGNE, Ann. Astroph., I5, (I952), I5I.
M. LAFFINEUR, Ann. Astroph., I5, (I952), I54.
D. CHALONGE, L. DIVAN, Ann. Astroph., I5, 20I.

5 D. CHALONGE, J. O., 38, (I955), 85.

6 L. DIVAN, J. O., 38, (I955), 93.

7 D. CHALONGE, Ann. Astroph., I9, (I956), 258.

8 D. CHALONGE, Colloque C.N.R.S., avril I957.

9 J. BERGER, A-M. FRINGANT, C. MENNERET, Ann. Astroph., I9, (I956),294

I0 L. DIVAN, Ann. Astroph., I7, (I954), 456.

II H.L. JOHNSON, Bull. Lowell O.4, nº 90, (I958).

I2 J. BERGER, L. DIVAN, A-M. FRINGANT, C.R. Ac. Sc., 236,(I953), 2379.

I3 S.C.B. GASCOIGNE, O.J. EGGEN, M.N.II7, (I957), 430.

I4

I5 J. STEBBINS, G.E. KRON, Ap. J., I23, (I956), 440.

I6 J. BERGER, J.O., 38, (I955), 353.

I7 J. BERGER, J.O., 39, (I956), I48.

I8 B. WESTERLUND, J.O., 39, (I956), II7 et I59.

I9 F. VANT' VEER, Colloque C.N.R.S., avril I957.

20 A. BLAAUW, Nuffic, (I960), III, I0.

2I A-M. FRINGANT, C.R. Ac. Sc., 235, (I952), I28.

22 J. BERGER, D. CHALONGE, L. DIVAN, A-M. FRINGANT, B. WESTERLUND, J.O., 4I,(I958), I00.
Symposium de l'I.A.U., nº I0, 6I.

23 A. SANDAGE, Stellar Populations, Vatican, (I957), 287.

24 H.L. JOHNSON, C.F. KNUCKLES,Ap. J., I22, (I955), 2I9.

25 M.F. WALKER, Ap. J. Suppl. s. II, nº 23, (I956).

26 M. SCHWARZSCHILD, Structure and Evolution of the Stars, (I958).

27 O. STRUVE, Sky and Telescope, 20, nº 3, (I960), I40.

28 AMBARZUMIAN, Commun. Observ. de Burakan, I5, (I954), 3.

...

29 H.L. JOHNSON, W.W. MORGAN, Ap. J., II7, (I953), 3I3.
30 D.L. HARRIS III, Ap. J., I2I, (I955), 554.
3I R.H. HARDIE, C.K. SEYFERT, Ap. J., I29, (I959), 60I.
32 S. SHARPLESS, Ap. J., II6, (I956), 25I.
33 J. BERGER, C.R. Ac. Sc., 242, (I956), 2300.
34 D.C. SCHMALBERGER, Ap. J., I32, (I960), 59I.
35 C. STABLEFORD, K.D. ABHYANKAR, Ap. J., I30, (I959), 8II.
36 H.L. JOHNSON, B. IRIARTE, Bull. Lowell O., nº 9I (I958).
37 O. HECKMANN, H.L. JOHNSON, Ap. J., I24, (I956), 477.
38 P.J. TREANOR, M.N., I2I, nº 6 (I960), 503.
39 D.L. HARRIS, A.J. 63, (I958) I70.
40 L.F. JENKINS, Gen. Cat. of Trigonometric Stellar Parallaxes (I952).
4I R.P. KRAFT, Ap. J., I33, (I96I), 39.
42 L. DIVAN, Ann. Astroph., I9, (I956), 287.
43 E. MENDOZA V, Ap. J., I23, (I956), 54.
44 D.L. HARRIS, A.J., 63, (I958), I9I.
45 O.J. EGGEN, Ap. J., III, (I950), 8I.
46 EBBIGHAUSEN, Ap. J., 92, (I940), 434.
47 H.L. JOHNSON, Ap. J. II7, (I953), 353.
48 P.C. KEENAN, W.W. MORGAN, Astrophysics (HYNEK edit.), (I95I), I2.
49 A. BLAAUW, Ap. J., I23, (I956) 408.
50 J. BERGER, F. LENOUVEL, résultats non publiés.
5I A. BLAAUW, A.J., 63, (I958), I86.
52 D.L. CRAWFORD, Ap. J., I33, (I96I),860.
53 J. WAMPLER, P. PESCH, W.A. HILTNER, Ap. J., I33, (I96I), 895.
54 J.D. FERNIE, Ap. J., I33, (I96I), 64.
55 R.P. KRAFT, Ap. J., I28, (I958), I6I.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

LES ETOILES DU HALO GALACTIQUE

Vu et approuvé :

Paris; le 9 octobre 1961

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

J. PERES

Vu

et Permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie
de Paris,

Jean SARRAILH